

6 Jahre Erfahrungen mit internen arteriovenösen  
Fisteln bei Hämodialysepatienten an der  
Chirurgischen Klinik des Marienhospitals Herne

# INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung des Doktorgrades der Medizin  
einer

Hohen Medizinischen Fakultät  
der Ruhr-Universität zu Bochum

vorgelegt von  
Norbert Beltz  
aus Velbert

1979





Digitized by the Internet Archive  
in 2026



6 Jahre Erfahrungen mit internen arteriovenösen  
Fisteln bei Hämodialysepatienten an der  
Chirurgischen Klinik des Marienhospitals Herne

# INAUGURAL-DISSERTATION

zur  
Erlangung des Doktorgrades der Medizin  
einer  
Hohen Medizinischen Fakultät  
der Ruhr-Universität zu Bochum

vorgelegt von  
Norbert Beltz  
aus Velbert

1979

Dekan: Prof. Dr. Werchau

Referent: Prof. Dr. W. Brinkmann

Koreferent: Prof. Dr. W. Kozuszek

Tag der mündlichen Prüfung:

21. Juni 1979



|        |                                                                                                                                                   |    |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| A      | Einleitung                                                                                                                                        | 1  |
|        | Die Bedeutung der subkutanen arterio-venösen<br>Fistel bei der intermittierenden Langzeitdialyse.                                                 |    |
| B      | Methodik                                                                                                                                          | 2  |
| C      | Hauptteil                                                                                                                                         | 3  |
| 1.     | Die Entwicklung der Hämodialyse und der<br>Fisteloperationen.                                                                                     |    |
| 1.1.   | Die Dialysatoren.                                                                                                                                 | 3  |
| 1.2.   | Die externen Kunststoff-Shunts.                                                                                                                   | 4  |
| 1.3.   | Die subkutanen arterio-venösen Fisteln.                                                                                                           | 6  |
| 2.     | Die Voraussetzungen zur Fisteloperation:<br>Indikation, Patientenauswahl, Anatomie der<br>Extremitätengefäße, Shuntlokalisierung,<br>Anaesthesie. | 7  |
| 3.     | Technik der Shunt - Chirurgie.                                                                                                                    | 13 |
| 3.1.   | Die operativen Standardverfahren.                                                                                                                 | 13 |
| 3.1.1. | Die Seit-zu-Seit-Anastomose und ihre Modifikationen.                                                                                              | 13 |
| 3.1.2. | Die Seit-zu-End-Anastomose und ihre Modifikationen.                                                                                               | 16 |
| 3.1.3. | Die End-zu-End-Anastomose und ihre Modifikationen.                                                                                                | 19 |
| 3.2.   | Seltenere Verfahren zur Anlage subkutaner<br>arterio-venöser Fisteln.                                                                             | 23 |
| 3.2.1. | Durch direkte Verbindung einer Arterie mit<br>einer Vene.                                                                                         | 23 |
| 3.2.2. | Durch Dazwischenschaltung von Interponaten.                                                                                                       | 27 |
| 3.2.3. | Durch arterio-arterielle Gefäßverbindungen.                                                                                                       | 31 |
| 4.     | Die Komplikationen der internen arterio-venösen<br>Fisteln.                                                                                       | 33 |
| 4.1.   | Die Thrombosen und ihre Ursachen.                                                                                                                 | 33 |
| 4.2.   | Das Shuntaneurysma.                                                                                                                               | 34 |
| 4.3.   | Die Shuntblutung.                                                                                                                                 | 34 |
| 4.4.   | Die Infektion.                                                                                                                                    | 34 |

|          |                                                                                                                                     |    |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.5.     | Die Stauung der Handvenen.                                                                                                          | 34 |
| 4.6.     | Das Steal-Syndrom.                                                                                                                  | 35 |
| 4.7.     | Der Einfluß des Shuntvolumens auf die Gesamthämodynamik.                                                                            | 35 |
| 5.       | Eigene Untersuchungen.                                                                                                              | 36 |
| 5.1.     | Das Krankengut.                                                                                                                     | 36 |
| 5.2.     | Allgemeine Auswertung des Patientengutes.                                                                                           | 37 |
| 5.2.1.   | Geschlechtsverteilung.                                                                                                              | 37 |
| 5.2.2.   | Altersverteilung.                                                                                                                   | 39 |
| 5.2.3.   | Ätiologie der Niereninsuffizienz.                                                                                                   | 41 |
| 5.2.4.   | Todesursachen und Überlebenszeiten.                                                                                                 | 43 |
| 5.3.     | Spezielle Auswertungen der verschiedenen Shunts.                                                                                    | 44 |
| 5.3.1.   | Verteilung der Shunts auf die Extremitäten.                                                                                         | 44 |
| 5.3.2.   | Die Unterarmshunts durch direkte Verbindung der Arteria radialis mit der Vena cephalica oder Vena basilica nach Venentransposition. | 46 |
| 5.3.2.1. | Die End-zu-End-Anastomosen.                                                                                                         | 46 |
|          | a) Die Laufzeiten.                                                                                                                  | 46 |
|          | b) Die Frühthrombosen.                                                                                                              | 46 |
|          | c) Die Spätthrombosen.                                                                                                              | 47 |
|          | d) Synopsis von Früh- und Spätthrombosen.                                                                                           | 48 |
| 5.3.2.2. | Die Seit-zu-End-Anastomosen.                                                                                                        | 49 |
|          | a) Die Laufzeiten.                                                                                                                  | 49 |
|          | b) Die Frühthrombosen.                                                                                                              | 49 |
|          | c) Die Spätthrombosen.                                                                                                              | 50 |
|          | d) Synopsis der Früh- und Spätthrombosen.                                                                                           | 51 |
| 5.3.2.3. | Gegenüberstellung der Thromboserate von End-zu-End- und Seit-zu-End-Anastomosen am Unterarm.                                        | 52 |
| 5.3.2.4. | Die Seit-zu-Seit-Anastomosen.                                                                                                       | 52 |
| 5.3.3.   | Die Shunts in der Ellenbeuge.                                                                                                       | 53 |
| 5.3.3.1. | Durch Verbindung der proximalen Arteria radialis mit der Vena cephalica End-zu-End oder Seit-zu-End.                                | 53 |
|          | a) Die Laufzeiten.                                                                                                                  | 53 |
|          | b) Die Frühthrombosen.                                                                                                              | 53 |
|          | c) Die Spätthrombosen.                                                                                                              | 53 |
|          | d) Synopsis der Früh- und Spätthrombosen.                                                                                           | 54 |

|          |                                                                                                                     |    |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.3.3.2. | Die Shunts in der Ellenbeuge durch<br>Seit-zu-End-Verbindung der Arteria brachialis<br>mit einer benachbarten Vene. | 54 |
| a)       | Die Laufzeiten.                                                                                                     | 54 |
| b)       | Die Frühthrombosen.                                                                                                 | 54 |
| c)       | Die Spätthrombosen.                                                                                                 | 54 |
| d)       | Synopsis der Früh- und Spätthrombosen.                                                                              | 55 |
| 5.3.4.   | Die freien Venentransplantate.                                                                                      | 55 |
| 5.3.5.   | Die bovine Kollagen-Prothese.                                                                                       | 55 |
| 5.3.6.   | Die Shunts am Unterschenkel.                                                                                        | 55 |
| 1.       | Die Laufzeiten.                                                                                                     | 56 |
| 2.       | Die Frühthrombosen.                                                                                                 | 56 |
| 3.       | Die Spätthrombosen.                                                                                                 | 56 |
| 4.       | Synopsis von Früh- und Spätthrombosen.                                                                              | 56 |
| 5.3.7.   | Der Oberschenkelshunt.                                                                                              | 57 |
| 5.3.8.   | Patienten mit gehäuften Shuntkomplikationen.                                                                        | 57 |
| 5.3.9.   | Revisionen mit dem Fogarty-Katheter bei<br>Shuntthrombosen.                                                         | 58 |
| 1.       | Die Anzahl der Revisionen und ihr Zeitpunkt.                                                                        | 58 |
| 2.       | Gegenüberstellung der Revisionen bei<br>Seit-zu-End-Anastomosen und End-zu-End-<br>Anastomosen.                     | 58 |
| 3.       | Die postoperativen Laufzeiten.                                                                                      | 58 |
| 5.3.10.  | Seltenere Komplikationen.                                                                                           | 59 |
| 1.       | Lokale Infektion eines Unterarmshunts.                                                                              | 60 |
| 2.       | Hämorrhagische Infarzierung an der Hand<br>24 Monate nach Anlage einer End-zu-End-<br>Anastomose am Unterarm.       | 60 |
| 3.       | Venöse Insuffizienz im Bein nach Venen-<br>transplantat.                                                            | 60 |
| D        | Diskussion                                                                                                          | 61 |
| E        | Zusammenfassung                                                                                                     | 80 |
| F        | Literaturverzeichnis                                                                                                | 83 |



## A Einleitung

Die Bedeutung der subcutanen arterio-venösen Fistel bei der intermittierenden Langzeitdialyse.

Die Einführung des arterio-venösen Shunts zur Hämodialyse durch Scribner und Mitarbeiter 1960 (110) ermöglichte es, Patienten mit terminaler Niereninsuffizienz der Dauerhämodialyse zuzuführen.

Patienten, die bis dahin todgeweiht waren, konnten dank der neuen Technik zu einem hohen Prozentsatz überleben. Von verschiedenen Autoren wurden 5 Jahresüberlebensraten bis zu 83 % angegeben (26, 40, 46).

So kommt man anhand der Überlebensraten und durch neu hinzukommende Patienten zu einer Incidenz von 126 Dialysefällen pro Million Einwohner für das Jahr 1980, während 1974 die Incidenz in der BRD noch bei 68,2 Dialysefällen pro Million Einwohner lag (46).

Anhand dieser Zahlen wird klar, daß es noch einige Anstrengung erfordert, dem Bedarf an Dialyseplätzen auch nur annähernd zu folgen.

Nach übereinstimmender Meinung zahlreicher Autoren (11, 52, 60, 73, 79, 91, 107, 115, 132) ist die Langzeithämodialyse abhängig von geeigneten Gefäßzugängen für die extrakorporale Hämodialyse. Die operativen Verfahren zur Anlegung eines Shunts wurden wiederholt modifiziert und verbessert; zusätzlich wurden für Patienten, die durch lange Überlebenszeiten oder gehäufte Gefäßkomplikationen Alternativlösungen zu den konventionellen Shunts erforderten, zahlreiche Varianten von Gefäßzugängen geschaffen.

Auch an der Chirurgischen Klinik des Marienhospitals Herne wurde durch 272 gefäßchirurgische Maßnahmen von 1971 bis 1976 versucht, einen Beitrag zur Lösung dieser Problematik zu leisten.

## B Methodik

### Aufgabenstellung, Untersuchungsgut und Untersuchungsmethoden

Daher erscheint es angebracht, die Erfahrungen der Chirurgischen Klinik des Marienhospitals Herne mit der Anlage von arterio-venösen Shunts zur Langzeitdialyse zu untersuchen. Um Aufschlüsse vor allem über die Haltbarkeit der verschiedenen Shuntformen in Abhängigkeit vom Shunttyp zu gewinnen, wurde unser Patientengut mit dieser Fragestellung untersucht und - soweit möglich - die Ergebnisse mit denen in der Literatur verglichen, nachdem eine Darstellung der bisher angewandten Verfahren zur Anlage eines Shunts mit seinen Komplikationen vorangestellt wurde.

Die Untersuchungen umfassen 272 chirurgische Maßnahmen zur Herstellung oder Erhaltung arterio-venöser Gefäßverbindungen zur Hämodialyse, die von 1971 bis 1976 an der Chirurgischen Klinik des Marienhospitals Herne durchgeführt wurden.

Dies wurde möglich durch Auswertung der Krankenblätter, Op.-Bücher, Operationsberichte und Dialyseprotokolle sowie durch Rücksprache mit den beteiligten Ärzten, dem Pflegepersonal und den Patienten selbst, denen ich an dieser Stelle danken möchte.

Die Worte Shunt (einige Autoren bezeichnen hiermit lediglich die externe Gefäßverbindung vom Typ Quinton-Scribner) und Fistel (einige Autoren bezeichnen so lediglich die internen Gefäßverbindungen vom Cimino-Typ) werden in dieser Arbeit synonym gebraucht.

Die Bezeichnung der Art der Gefäßverbindung Seit-zu-End, End-zu-End oder Seit-zu-Seit erfolgen immer in Richtung des Blutstroms. Wird eine Arterie seitlich geöffnet und daran das freie Ende einer Vene genäht, handelt es sich um eine Seit-zu-End-Anastomose.

## C            Hauptteil

### 1.     Die Entwicklung der Hämodialyse und der Fisteloperationen

#### 1.1.   Die Dialysatoren

Die Geschichte der Hämodialyse beginnt 1913 mit der Vorstellung der ersten künstlichen Niere durch Abel, Rowntree und Turner. Sie entfernten mit Hilfe eines Gerätes aus Kollodiumröhren durch extrakorporale Hämodialyse Stoffwechselprodukte aus dem Blut von Hunden (2). Der Apparat wurde hierbei an eine Arterie angeschlossen und das Blut in eine Vene zurückgeleitet. Das Blut wurde hierbei durch Hirudin ungerinnbar gemacht. Die erste extrakorporale Hämodialyse bei einem Menschen nahm Haas 1925 vor (47). Nach 3 weiteren Hämodialysen, bei denen er sich des inzwischen entwickelten Heparins zur Antikoagulation bediente, fand er 1928, daß die behandelten Patienten diesen Entgiftungsvorgang als Erleichterung empfanden. Nach zahlreichen Versuchen mit Dialysiermembranen wie Kleintierdärmen, Fischblasen, Kälberperitoneum und Schilfschläuchen wurde von Thalhimer 1937 (125) das Cellophan als Dialysiermembran eingeführt. Die erste künstliche Niere, die für den dauernden Gebrauch beim Menschen geeignet war, wurde 1943 zum ersten Mal durch Kolff (84) eingesetzt. Hierbei rotiert eine Trommel, auf die ein Cellophanschlauch gewickelt ist, durch den das Blut fließt, in einer Wanne mit Dialysierflüssigkeit. Die künstliche Niere wurde bis heute zahlreichen Modifikationen und Änderungen unterworfen.

Heute sind vorwiegend folgende Geräte in Gebrauch: 1. Die Twin-Coil-Niere oder Zwillingsspulen-Niere, die von Kolff und Watschinger entwickelt wurde (85). Hier handelt es sich um einen Doppelschlauch der aus parallel geschalteten Cellophanschläuchen besteht und in einer offenen Trommel rotiert. 2. Der Plattendialysator, der von Skeggs und Leonards entwickelt wurde (117), und von Cole (25) noch einmal modifiziert wurde. Hierbei fließt das Blut zwischen den Cellophanblättern im Gegenstrom gegen die in Plastikplatten fließende Dialysierflüssigkeit. 3. Die Kapillarnieren, bei denen das Blut durch Kapillaren im Gegenstrom an der Dialysierflüssigkeit entlangfließt. Vorgestellt wurde sie von Kuhn und Mitarbeitern (89).

#### 1.2. Die externen Kunststoff-Shunts.

Die Gefäßzugänge stellten jedoch vor allem dann, wenn die künstliche Niere zur Langzeitdialyse verwendet werden sollte, ein neues Problem dar. Zunächst entnahm Kolff 1943 durch einfache Nadelpunktion (84) das Blut aus einer Vene, dialysierte es und reinfundierte es anschließend. Danach ging er dazu über, das Blut durch kontinuierlichen veno-venösen oder arterio-venösen Umlauf durch die künstliche Niere hindurchzuleiten. Hierbei wandte er zunächst noch Punktionsnadeln an. In der weiteren Entwicklung der Gefäßkanülierung wurden dann siliconisierte Glaskanülen benutzt, die in Gefäße arteriell und venös nach deren Freilegung eingebunden sowie nach Beendigung der Dialyse wieder entfernt wurden. An frühzeitiger Thrombosierung scheiterte der Versuch, diese Kanülen für länger zu belassen und sie für Dauerdialysen zu verwenden (5). Danach entwickelte konisch zulaufende PVC-Katheter brachten im Vergleich zu Glaskanülen deutlich bessere Ergebnisse. Auch hier wurden die konisch zulaufenden Enden in die Gefäße eingebunden. Fritz (42) berichtet über eine durchschnittliche Laufzeit von 14 Tagen und über Einzelfälle, bei denen der Shunt bis zu 65 Tagen offengehalten werden konnte.

Eine Langzeitdialyse ist aber nur möglich, wenn sich zum Anschluß an den extrakorporalen Kreislauf Gefäßverhältnisse herstellen lassen, die eine leichte und lange Zeit wiederholbare Funktion ermöglichen (11, 52, 60, 73, 79, 91, 107, 115, 132). Dieser langfristige sichere Gefäßzugang wurde 1960 durch die Arbeitsgruppe um Quinton und Scribner vorgestellt (110). Es handelt sich da um einen kombinierten Teflon-Silastik-Shunt, der eine Arterie und eine Vene kurzschließt. Es wird dabei so verfahren, daß nach Freilegung der Gefäße ein Teflon-Vesseltip in die Vene und Arterie eingebunden wird. Daran angebunden wird je ein Silastikschlauch, der zunächst bogenförmig subcutan verläuft, dann aus der Haut herausgeführt wird und über 2 Konnektoren mit einem auf der Haut liegenden U-Rohr verbunden wird.

Dieser Shunt wurde in der Folgezeit zahlreichen Modifikationen unterworfen, so durch Sevitt 1964 (112), durch Lewis 1964 (92) und durch Ramirez (112), der 1966 den Winged-in-line-Shunt einführte. Eine neuere Entwicklung auf dem Gebiet der extrakorporalen Shunts wurde vorgestellt durch Buselmeier 1973 (21). Hierbei handelt es sich um ein U-förmig gekrümmtes einteiliges Schlauchsystem, das 2 Öffnungen aufweist, über die der Gefäßanschluß erfolgt. Im Ruhezustand sind die beiden Öffnungen durch Stöpsel verschlossen. Hoeltzenbein (63) stellte 1967 als weitere Anschlußmöglichkeit eines externen Shunts den Femoralis-profunda-Shunt vor, bei dem der Gefäßanschluß über Arteria und Vena circumflexa femoris geschied. Schließlich wäre noch der Thomas-Shunt zu

erwähnen. Hierbei wird ein Dacron-patch, an den ein Silastic-schlauch angeschweißt ist, jeweils an die Arteria femoralis und Vena femoralis Seit-zu-End angenäht und etwa 10 cm distal der Anastomose aus der Haut herausgeführt. Die beiden letzten Möglichkeiten werden nur angewandt, wenn andere Shunts nicht möglich sind. Dasselbe gilt auch für weitere atypische Lokalisationen externer Shunts, die Spelsberg 1974 angab (119). Es handelte sich hierbei im einzelnen um einen Mammaria-Shunt, einen Epigastrica-Shunt sowie einen Thyreoidea-Shunt. Die Häufigkeit der Komplikationen wie thrombotische Verschlüsse, aber auch lokale Infektionen, Sepsisgefahr und die Blutungen, die von zahlreichen Autoren als wesentliche Nachteile der externen Kunststoff-Shunts genannt werden (3, 35, 36, 43, 45, 52, 59, 64, 65, 67, 68, 80, 87, 88, 91, 103, 122, 124, 132) forderte bessere Möglichkeiten zum Anschluß an die künstliche Niere. So wurde von Cimino und Brescia 1966 die interne subcutane arterio-venöse Fistel als Gefäßzugang für die dauernde Hämodialyse vorgestellt (14).

### 1.3. Die subcutanen arterio-venösen Fisteln.

Eine gute Gegenüberstellung der Vorteile und Nachteile des Quinton-Scribner-Shunts und der Brescia-Cimino-Fistel bringt Meins (97).

| Vor- und Nachteile von Scribner-Shunt und Cimino-Fistel |                        |                          |
|---------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------|
|                                                         | Kunststoff-Shunt       | subcut. art.-ven. Fistel |
| Thrombose                                               | häufig                 | (sehr) selten            |
| Blutung/Hämatom                                         | gelegentlich           | gelegentlich             |
| Infektion/Sepsis                                        | häufig                 | sehr selten              |
| Hautnekrosen                                            | gelegentlich           | sehr selten              |
| Funktionsdauer                                          | Monate                 | Jahre                    |
| Gefäßverbrauch                                          | hoch                   | niedrig                  |
| Materialkosten                                          | hoch                   | niedrig                  |
| Hospitalisierung                                        | häufig                 | selten                   |
| Einlaufzeit                                             | ca. 5 Tage             | ca. 20 Tage              |
| Selbstbedienung                                         | leicht                 | (meist) sicher möglich   |
| Heimdialyse                                             | geeignet               | besser geeignet          |
| Blutpumpe                                               | entfällt häufig        | notwendig                |
| Herzbelastung                                           | klinisch bedeutungslos | klinisch bedeutungslos   |
| Bewegungsfreiheit                                       | eingeschränkt          | ungestört                |

Tab. 1 nach Meins (97)

So verwundert es nicht, daß inzwischen bei zahlreichen Autoren die subcutane arterio-venöse Fistel dem externen Kunststoff-Shunt vorgezogen wird (3, 35, 36, 43, 45, 52, 59, 64, 65, 67, 68, 80, 87, 88, 91, 103, 122, 124, 132). Das zeigt sich auch deutlich daran, daß auf dem 13. Kongreß der E.D.T.A. 1976 in Hamburg (46) berichtet wurde, daß 1975 von 22.041 in Europa dialysierten Patienten nur 10,4 % über externe Kunststoff-Shunts dialysiert wurden, während 88,4 % über interne Fisteln dialysiert wurden. 1,2 % der Patienten hatten andere Gefäßzugänge.

Die ursprüngliche Cimino-Fistel wurde im weiteren Verlauf zahlreichen Modifikationen unterworfen, wie End-zu-End- und Seit-zu-End-Anastomosierungen im Gegensatz zu der ursprünglich vorgestellten Seit-zu-Seit-Anastomosierung. Außerdem wurden diese Anastomosen an verschiedenen Körperstellen durchgeführt. Auch zwang die wachsende Zahl von Patienten mit Gefäßproblemen (46) zu anderen Entwicklungen. Es sei hier nur erwähnt die Möglichkeit eines autologen und homologen Venentransplantates, die Bovine-Kollagen-Prothese und das Sparks-Mandril. Eine noch neuere Entwicklung stellt die Gefäßprothese aus PTFE (Polytetrafluoroethylene) dar (102). Eine weitere Möglichkeit zum Gefäßanschluß sind die von Brittinger (15) 1969 angegebene Punktion der subcutan verlagerten Arteria femoralis superficialis und andere arterio-arterielle Gefäßverbindungen.

## 2. Voraussetzungen zur Fisteloperation:

Indikation, Patientenauswahl, Anatomie der Extremitätengefäße, Shunt-Lokalisation, Anaesthesie.

### Indikation.

Grundsätzlich ist die Indikation zur Langzeitdialyse bei jeder chronischen terminalen Niereninsuffizienz gegeben. Jontofson (67) et al. geben 1973 als Richtwerte ein Serum-Kreatinin von 10 - 12 mg%, eine Kreatinin-Clearance von unter 3 ml/min. und eine Diurese von unter

1000 ml/24 Std. an. Außerdem hielten sie eine Indikation für gegeben bei therapierefraktärer Pericarditis und Neuropathie. Da bei manchen Patienten aber präurämische Erscheinungen wie Übelkeit und morgendliches Erbrechen schon bei Kreatininwerten von 8 - 10 mg% auftreten, andere Patienten aber Kreatininwerte bis zu 16 mg% tolerieren und dabei noch berufstätig sind, werden diese Zahlen lediglich als Anhaltswerte betrachtet. Brech (13) gibt 1973 für Patienten ohne Hypertonie Kreatininwerte von 15 - 20 mg% und eine Kreatinin-Clearance von unter 6 ml/min. an.

Da jedoch die Anzahl der Dialyseplätze nicht ausreicht, um alle Patienten mit chronisch terminaler Niereninsuffizienz zu dialysieren, muß eine Auswahl stattfinden. Das "first come first served"-Prinzip, vertreten von Alwall (5) und Shaldon 1967 (114) ist inzwischen weitgehend verlassen worden. Heute entscheidet am häufigsten ein Ärztegremium über die Aufnahme in ein Langzeithämodialyseprogramm (33). Die Arbeitsgruppe um Scribner stellte 5 Punkte auf, die von Patienten erfüllt werden müssen, um in das chronische Programm übernommen zu werden (55, 131).

1. Psychisch stabile Erwachsene unter 45 Jahren, deren Arbeitsfähigkeit durch die Niereninsuffizienz beeinträchtigt ist und durch konservative Maßnahmen nicht wiederhergestellt werden kann.
2. Kein maligner Hypertonus, keine schwere Herzinsuffizienz, kein Diabetes, keine Erkrankung des rheumatischen Formenkreises.
3. Intelligenz und Kooperativität.
4. Keine rasche Progredienz der Niereninsuffizienz.
5. Kinder sind ausgeschlossen werden anatomischer und psychischer Probleme.

In dieser absoluten Form sind diese Forderungen heute nicht mehr gültig. Die psychische Stabilität wird heute von Freyberger wie folgt formuliert (39):

1. Kontaktfähigkeit gegenüber den Schwestern und Pflegergruppen und den Angehörigen.
2. Selbstvertrauen in Hinblick auf die Verarbeitung der Dialysekonfrontation und Ertragenkönnen des Dialysestresses.
3. Streben nach Selbstständigkeit.

#### 4. Vermögen zur kritischen Selbstdistanzierung.

Zur Frage des Alters finden sich folgende Angaben: Es werden auch durchaus Kinder in der Langzeitdialyse behandelt. Thiel (127) gab 1970 noch als unterste Altersgrenze 10 Jahre an. Nach dem E.D.T.A.-Report bezogen auf den 31.12.1974 (20) befinden sich in Europa 861 Kinder bis zu 15 Jahren in Behandlung durch Dialyse und Nierentransplantation, von denen 35 % jünger sind als 10 Jahre. Auch die obere Altersgrenze ist nicht mehr starr auf 45 Jahre fixiert. Thiel gibt 70 Jahre an (107). Einen guten Eindruck über die Altersverteilung von Patienten im chronischen Dialyseprogramm sowie Empfänger von Leichen- oder Lebendspendernieren gibt ebenfalls der E.D.T.A.-Report von 1974 (20).

Hieraus ist ersichtlich, daß immerhin 15,7 % der Patienten in Hospitaldialyse der Altersgruppe 55 - 64 Jahre angehören und 4,4 % der Gruppe über 64 Jahre. Auch die Hypertonie gilt nicht mehr als Kontraindikation, da sie oft durch die Hämodialyse gebessert wird (13, 19, 56, 130). Auch ein Diabetes mellitus schließt, sofern er nicht bereits zu Erkrankungen wie Myocardinfarkt oder cerebralem Insult geführt hat, von der Dialyse nicht aus (13, 48, 127). Das gleiche gilt für Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises, sofern sie nicht zu Verkrüppelungen geführt haben (13, 127). Zusammengefaßt hat Thiel 1970 (127) die Bedingungen, die eine Aufnahme in das Langzeitdialyseprogramm ausschließen:

1. Jede Erkrankung, welche auch nach Behebung der Niereninsuffizienz (mit und ohne Immunsuppression) innerhalb von 3 Jahren mit großer Wahrscheinlichkeit zum Exitus führen wird (z. B. Carzinom mit Metastasen).
2. Jede körperliche Vollinvalidität, welche auch nach Behebung der Niereninsuffizienz eine Rehabilitation unmöglich macht (z. B. fortgeschrittene Polyarthrit).
3. Psychische Verhältnisse, welche eine Dialyse oder Transplantation für den Patienten selbst wie seine nächsten Angehörigen untrag-

bar machen und eine Rehabilitation praktisch ausschließen (z.B. rückfälliger verwahrloster Alkoholiker).

4. Patienten unter 10 und über 70 Jahren.

#### Die Anatomie der Extremitätengefäße.

Die Arteria brachialis teilt sich in der Ellenbeuge in einen schwächeren Ast, die Arteria radialis und einen stärkeren Ast, die Arteria ulnaris. Die Arteria radialis wird im proximalen Bereich freigelegt auf einer Linie, die von der Ellenbeugenmitte zur Mitte zwischen dem Proc. styloideus radii und der Sehne des M. flexor carpi radialis führt. Bei Freilegung im proximalen Bereich wird die Fascie zwischen M. brachio-radialis und M. pronator teres durchtrennt und dort die A. radialis am Innenrand des M. brachio-radialis vorgefunden. Im distalen Unterarmbereich richtet man sich nach der Palpation. Zum Aufsuchen der A. ulnaris dient eine Leitlinie vom medialen Epicondylus zum Erbsenbein. Proximal verläuft dabei das Gefäß zwischen den oberflächigen und tiefen Fingerbeugern im Canalis ulnaris und erreicht in Unterarmmitte den Sulcus ulnaris. Von hier ab zieht die ulnare Unterarmarterie gemeinsam mit dem gleichnamigen Nerven nach distal. Die A. brachialis ist leicht aufzufinden, da sie in gesamter Ausdehnung im Sulcus bicipitalis ulnaris palpabel ist. Aufgrund ausreichender Kollateralen führt eine distale Unterbindung der A. brachialis nach Angaben von Nayman (106) und Westervelt (136) nicht zu arteriellen Durchblutungsstörungen.

Während die Variationsbreite der arteriellen Gefäße am Arm nicht sehr groß ist, finden sich zahlreiche Variationen im venösen Bereich. So bieten sich in der Ellenbeuge zahlreiche Möglichkeiten zu arterio-venösen Anastomosen. Ein Überblick über die verschiedenen Varietäten ergibt die folgende Abbildung.

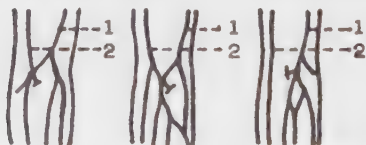


Abb. 1 Die Varianten der Venen im Ellenbogenbereich  
1 = V. basilica 2 = V. cephalica

nach J.W. Rohen, Topographische Anatomie, 2. Auflage, 1969  
Schattauer-Verlag.

Die anatomischen Gefäßverhältnisse am Bein stellen sich so dar: Unterhalb des Leistenbandes teilt sich die A. femoralis in eine A. femoralis profunda und eine A. femoralis superficialis. Von der A. femoralis profunda geht noch die A. circumflexa femoris lateralis ab. Zur Vena Femoralis fließen zusammen die V. profunda femoris, die von unten kommende gleichnamige V. femoralis, die V. circumflexa femoris lateralis und die V. saphena magna. In der Kniekehle teilt sich die A. poplitea in die A. tibialis posterior und die A. tibialis anterior, die in die A. dorsalis pedis übergeht. Die V. saphena magna läuft auf der Muskelfascie des Beins medial bis zur medialen Fußkante. Die Verlaufsrichtung der A. tibialis posterior folgt einer Leitlinie, die von der Mitte der Kniekehle bis zur Mitte zwischen Malleolus tibialis und dem Fersenbeinhöcker gezogen werden kann. Hierbei läuft sie in Begleitung des Nervus tibialis zwischen dem M. triceps surae sowie den tiefen Flexoren, weiter unten zwischen der Sehne des M. flexor hallucis longus und den Sehnen der Mm. tibialis posteriores und dem M. flexor digitorum longus stets von der Fascia cruris profunda bedeckt.

#### Shuntlokalisationen

Prinzipiell wird der Shunt zunächst am Unterarm angelegt, beim Rechtshänder li., beim Linkshänder re.. Erst danach erfolgt die Placierung im Ellenbogenbereich am Oberarm, am Unterschenkel und am Oberschenkel. Die Wahl der primären Anlage am Unterarm erfolgt aus mehreren Gründen: 1. kann man die A. radialis ohne ischämische Folgen befürchten zu müssen unterbinden. 2. die oberflächliche Lage der Gefäße und 3. die gute Erreichbarkeit dieser Shuntlokalisation für den Patienten selber. Sollten sich jedoch am Unterarm für eine Anastomose ungeeignete Gefäßverhältnisse finden, müssen andere Möglichkeiten gewählt werden. Dies ist möglich, wenn die Venen durch zahlreiche Infusionen bereits so schwer geschädigt sind, daß sie für eine Anasto-

mosierung nicht mehr in Frage kommen. Weitere Hindernisse sind zu dünne Gefäße, wie sie oft bei Frauen und Kindern gefunden werden. Am häufigsten wird eine lichte Weite von 1,5 mm gefordert (3, 16, 31, 52, 57, 88). Brittinger gibt an (16), bei Kindern auch Anastomosen bei einem Gefäßkaliber von 1,4 und 1,3 mm erfolgreich Anastomosen gelegt zu haben. Sperling (120) hält bei Einsatz eines Nakayama-Gerätes (105) eine Gefäßweite von 1,8 mm für erforderlich.

Auch sollte sich der Operateur präoperativ durch Stauung der Extremitäten vom Verlauf und Zustand der Venen überzeugen.

Sind direkte Anastomosenmöglichkeiten am Unterarm erschöpft oder wegen schlechter Gefäßverhältnisse nicht möglich, muß auf andere operative Verfahren ausgewichen werden. Hier bietet sich eine Vielfalt verschiedener operativer Verfahren an:

Die Implantation autologer oder homologer Venen (11, 34, 36, 43, 57, 60, 64, 67, 68, 69, 73, 80, 87, 124, 126, 132, 139).

Die Implantation eines Sparks-Mandril (118).

Die Implantation eines Bovinen-Heterograft (4, 9, 23, 35, 62, 74, 111, 133, 137, 140).

Als weitere Möglichkeit besteht die direkte Bildung einer Fistel in der Ellenbeuge (28, 34, 87, 97, 121). Auch der Unterschenkel bietet Möglichkeiten für subcutane arterio-venöse Fisteln (3, 17, 34, 37, 43, 93, 97, 109, 121, 124). Weitere Möglichkeiten sind am Oberschenkel gegeben (3, 15, 60, 73, 80, 109).

#### Anaesthesia.

Obwohl die oedemartige Durchtränkung des Gewebes bei Lokalanästhesie die Präparation erschwert und die Wundheilung verzögert, (97, 98), wird die Lokalanästhesie wohl von den meisten Autoren bevorzugt (3, 45, 52, 65, 73, 87, 88, 91, 136) bei Shuntanlage im Unterarmbereich. Andere Autoren wiederum bevorzugen Plexusanästhesie

(27, 50, 81, 86), weil sie eine über 6 Stunden währende Schmerzlosigkeit bewirkt und die Gefäße weitstellt. Der offensichtliche Nachteil dabei ist aber die durch die Gefäßweitstellung bedingte Blutung. Andere fordern die Plexusanaesthesia lediglich für die Oberarmfistel (11, 88). Bei Venentransplantationen und Operationen am Oberschenkel wird der Allgemeinnarkose der Vorzug gegeben (3, 57, 64, 65, 69, 73, 81, 88), ebenso bei der Shuntanlage bei Kindern (81).

### 3. Die Technik der Shunt-Chirurgie.

#### 3.1. Die operativen Standardverfahren.

##### 3.1.1. Die Seit-zu-Seit-Anastomose und ihre Modifikationen.

Nach Hautdesinfektion und Anaesthesia erfolgt ein leicht bogenförmiger, etwa 4 cm langer Hautschnitt auf der volaren Seite des Unterarms, etwa 3 - 4 cm oberhalb des Proc. styloideus radii. Der Schnitt liegt dabei zwischen der palpablen A. radialis und der V. cephalica. Nach Aufsuchen der A. radialis wird diese sorgfältig bis auf die Media skelettiert und mobilisiert. Danach wird die V. cephalica aufgesucht und skelettiert und mobilisiert. Ist ein spannungsfreies Aneinanderlegen der beiden Gefäße möglich, so erfolgt die Unterbrechung des Blutstroms durch Tourniquets (Catgut, Büro-gummi, Leinenbändchen) oder durch Bulldogs-Klemmen. Danach werden die Gefäße an den sich gegenüberliegenden Seiten inzidiert und mit etwa 30 ccm 0,9 %iger Kochsalzlösung, die mit 5000 Einheiten Lique-min versetzt ist, wiederholt gespült. Die Länge der Inzision variiert in den Literaturangaben: Hübner (65) gibt 3 mm an, Meins (97) und Krause (87) geben 3 - 5 mm an, Graudins (45) 3 - 7 mm, Precht (107) 5 mm, Hegglin (54) und Junginger (73) 6 - 8 mm, Friedrich (41) 6 - 10 mm, Uhlschmid (132) 8 mm und Krupke (88) 8 - 10 mm.

Hierauf werden zwei Eckfäden (Gefäßmaterial atraumatisches 6 x 0 Prolene oder Mersilene) am proximalen und distalen Ende der Inzision als evertierende U-Nähte angelegt und so verknötet, daß Intima auf Intima zu liegen kommt (siehe Abb. 2)



Abb. 2 Die evertierende Naht

Danach erfolgt mit dem distalen Faden die fortlaufende evertierende Naht der Hinterwand, danach mit dem kranialen Faden in der selben Weise die Naht der Vorderwand. Nach Freigabe des Blutstroms füllt sich die Anastomose und als Zeichen ihrer Funktion ist ein deutliches Schwirren zu fühlen und zu auskultieren. Jetzt erweist sich, ob die Gefäßnaht dicht ist. Stichkanalblutungen werden durch in  $H_2O_2$ -Lösung getunkte Tupfer unter dosierter Kompression gestillt. Bestehen danach immer noch Blutungen aus dem Anastomosenbereich, so kann versucht werden, durch tangential vorsichtig gelegte Einzelnähte die Blutung zu stillen. Hierbei besteht allerdings immer die Gefahr der Einengung der Anastomose. Bei Bluttrockenheit erfolgt dann die Hautnaht und ein nicht komprimierender Verband. (siehe Abb. 3 und 4)



Seit-zu-Seit-Anastomose am Unterarm  
zwischen Arteria radialis und Vena  
cephalica

schwarz = Vene  
weiß = Arterie

Abb. 3

Durch Ligatur des distalen Venenschenkels kann dann eine funktionelle Seit-zu-End-Anastomose, durch zusätzliches Ligieren des arteriellen Schenkels eine funktionelle End-zu-End-Anastomose hergestellt werden (88, 93, 122). Eine weitere Möglichkeit ist die U-förmige Seit-zu-Seit-Anastomose, bei der es sich allerdings um eine funktionelle End-zu-End-Anastomose handelt (siehe Abb. 4, 5, 6, 7)

Arterie Vene

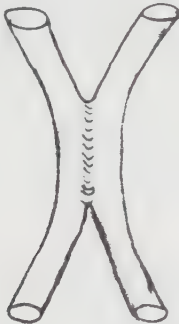


Abb. 4  
Seit-zu-Seit-Anastomose  
nach Lymberopoulos

Arterie Vene



Abb. 5  
Seit-zu-Seit-Anastomose mit Durchtrennung und Unterbindung des distalen Venenschenkels  
nach Lymberopoulos

Arterie Vene



Abb. 6  
V-förmige Seit-zu-Seit-End-zu-Seit-Anastomose  
nach Lymberopoulos

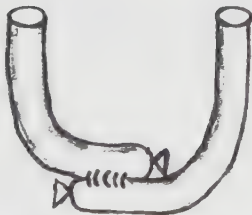


Abb. 7  
U-förmige Seit-zu-Seit-Anastomose  
nach Lymberopoulos

### 3.1.2. Die Seit-zu-End-Anastomose und ihre Modifikationen.

Das operative Vorgehen bis einschließlich der Gefäßdarstellung gleicht der bei der Seit-zu-Seit-Anastomose. Die Arterie wird auf etwa 3 - 4 cm, die Vene auf etwa 5 - 7 cm frei präpariert. Die Nebenäste der V. cephalica werden unterbunden und durchtrennt. Möglichst weit distal wird die V. cephalica dann ligiert und schräg durchtrennt. Dabei wird die Schräge so gewählt, daß eine knickfreie Adaptation an die Arterie möglich ist und die Öffnung zur Arterie zeigt. (siehe Abb. 8 und 9).



Abb. 8

Seit-zu-End-Anastomose  
am Unterarm zwischen  
Arteria radialis und  
Vena cephalica

schwarz = Vene  
weiß = Arterie



Abb. 9

Seit-zu-End-Anastomose

Eine proximale Unterbrechung des venösen Blutstroms ist normalerweise nicht erforderlich. Ist ein spannungsloses Knick- und torsionsfreies Anlegen an die A. radialis möglich, so erfolgt jetzt die Längsinzision der Arterie nach Unterbrechung des Blutstromes. Die Länge der Inzision wird verschieden in der Literatur angegeben. An unserer Klinik beträgt die Länge der Inzision zwischen 5 und 7 mm, meist 5 mm. Andere Autoren geben folgende Maße an: Albert (3) 4 - 5 mm, Meins (97) 5 mm, Hauptmann (52) 5 - 7 mm, Junginger (73) und Müller (103) 6 - 8 mm und Krupke (88) 8 - 10 mm. Sodann erfolgt wie vorher beschrieben die Anlage von zwei Ecknähten und danach die fortlaufende Naht von Hinterwand und Vorderwand. Danach Freigabe des Blutstromes, Prüfung auf Bluttrockenheit und Hautnaht. (siehe Abb. 9).

Eine Modifikation der Seit-zu-End-Anastomose wird von Müller angegeben (103). Nach Spreizung des isolierten Venenendes erfolgt zur Erweiterung der folgenden Anastomose eine 5 mm lange Inzision der Vorderwand. Danach werden die Ecknähte gelegt sowie eine fortlaufende Naht von Vorder- und Hinterwand durchgeführt, von den Eckfäden ausgehend zur Mitte der Anastomose (siehe Abb. 10)

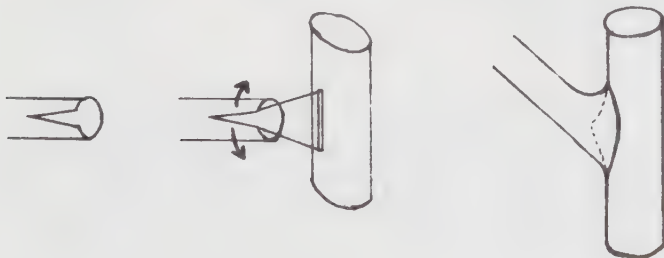


Abb. 10

Die Seit-zu-End-Anastomose mit gekerbter Venenvorderwand  
nach Müller

Eine andere Modifikation der Seit-zu-End-Anastomose wird angegeben durch Wack (136) und Vanderwerf (134). Hierbei wird die Vene bis zu einer Bifurkation präpariert, die Vene abgeschnitten und die Bifurkation längsgespalten, so daß bei der Anastomosierung eine patch-artige Erweiterung entsteht (siehe Abb. 11)

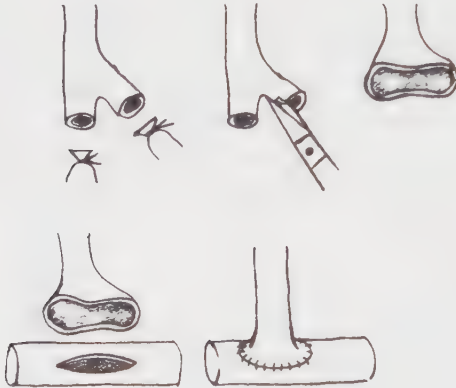
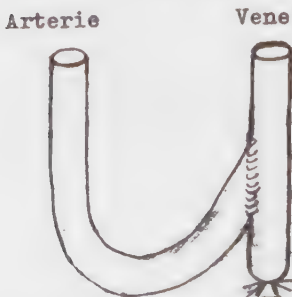


Abb. 11

Seit-zu-End-Anastomose unter Verwendung einer Venenbifurkation

nach Janisch

Ein anderes Verfahren zur End-zu-Seit-Anastomosierung, die funktionell allerdings einer End-zu-End-Anastomose entspricht, wird von Lymberopoulos (86) angegeben. Hierbei wird die Arterie bogenförmig an die Vene herangeführt und mit dieser End-zu-Seit vereinigt (siehe Abb. 12).



End-zu-Seit-Anastomose  
nach Lymberopoulos

Abb. 12

### 3.1.3. Die End-zu-End-Anastomose und ihre Modifikationen.

Bei der End-zu-End-Anastomose erfolgt zunächst die Schnittführung wie bereits geschildert. Danach erfolgt die Präparation der V. cephalica mit Unterbindung der Seitenäste und das Aufsuchen der A. radialis und die Präparation der Arterie mit Unterbindung der Seitenäste auf ca. 4 - 5 cm. Daraufhin erfolgt die arterielle Blutstromunterbrechung, wobei zunächst geprüft wird, ob es zu Zeichen arterieller Minderdurchblutung an der Hand kommt. Finden sich solche Zeichen nicht, erfolgt jetzt die distale Ligatur der Arterie und weiter proximal die Ligatur und Durchtrennung der Vene. Die Durchtrennung beider Gefäße mit Instillation von verdünntem Liquemin in beide Gefäße wird durchgeführt, sowie ein gegenseitiges Anschrägen der Gefäßenden (51, 54, 94, 135), (siehe Abb. 13 und Abb. 14).

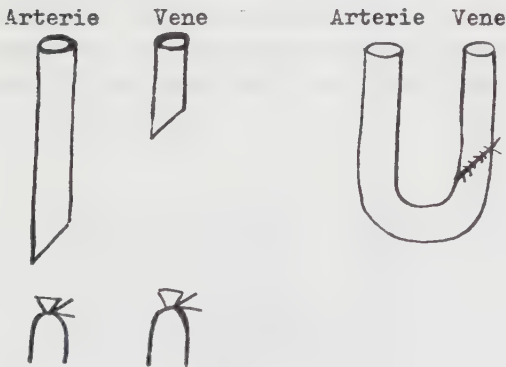


Abb. 13

Die End-zu-End-Anastomose.



Abb. 14

End-zu-End-Anastomose am  
Unterarm zwischen Arteria  
radialis und Vena cephalica

schwarz = Vene  
weiß = Arterie

Die Anastomosenstrecke sollte nicht länger als 5 - 6 mm sein (94). Jetzt erfolgt das spannungs- und torsionsfreie Aneinanderlegen der Gefäße, wobei der gesamte Siphon zur Vermeidung von Aneurysmen von der Arterie gebildet wird. Nach Setzen der beiden Ecknähte erfolgt dann auch hier mit fortlaufender Naht die Anastomosierung. Ist nach Setzen der Ecknähte die Anastomose gut beweglich, so kann man zuerst die Vorderwand nähen und danach durch Umwendung der Anastomose die Hinterwand wie die Vorderwand nähen (88). Ist das nicht möglich, erfolgt auch hier zuerst die Naht der Hinterwand. Danach erfolgt die Freigabe des Blutstromes. Nach Kontrolle auf Bluttrockenheit Wundverschluß.

Modifikationen in der Technik werden von verschiedenen Autoren angegeben.

Brittinger (16) durchtrennt die Arterie und Vene gerade, kerbt jeweils die Vorderwände der Gefäße um etwa 3 mm ein, näht die Hinterwand fortlaufend und setzt einen rautenförmigen Venenpatch ein. Dieser ergibt dadurch eine Erweiterung der Anastomose (siehe Abb. 15).

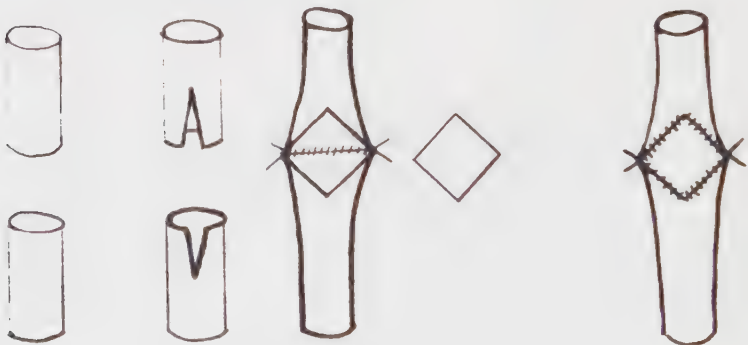


Abb. 15

Die End-zu-End-Anastomose mit Erweiterung durch einen Venenpatch

nach Brittinger (16)

Rumpf (109) gibt eine Modifikation der End-zu-End-Naht an, bei der die Erweiterung der Anastomose dadurch erreicht wird, daß die Gefäße an ihren gegenüberliegenden Enden um 2 - 3 mm gekerbt werden, und zwar die Arterie an der Vorderwand und die Vene an der Hinterwand.

Graudins (43) gibt folgende Variante an: Er legt die freipräparierten Gefäße wie zu einer Seit-zu-Seit-Anastomose zusammen und unterbindet gemeinsam distal. Nach Drosselung der Blutzufuhr erfolgt die Inzision der gegenüberliegenden Gefäßseiten auf einer Länge von 1,5 bis 2 cm. Danach erfolgt die einfache fortlaufende Naht der Hinterwand und die evertierende Naht der Vorderwand. (siehe Abb. 16).



Abb. 16

Die End-zu-End-Anastomose in der Modifikation nach Graudins (43)

Lewicki (91) bietet eine andere Variante an: Nach ausreichender Mobilisation der A. radialis und der V. cephalica erfolgt bei beiden die distale Ligatur, das Anpassen der Gefäße und eine evertierende Naht mit Einzelknopfnähten. Hierbei wird zuerst die Venenvorderwand und nach Drehung der Anastomose die Hinterwand wie die Vorderwand genäht (siehe Abb. 17)



Abb. 17

Die End-zu-End-Anastomose in der Modifikation nach Lewicki (91).

Sperling (120) führte das Nakayama-Gefäßnähergerät (105) bei der Herstellung von arterio-venösen Anastomosen zur Hämodialyse ein. Hierbei wurden die Gefäßenden über je einen Tantalring gezogen, der über 6 Dornen und 6 Löchern zur Aufnahme der Dornen des gegenüberliegenden Tantalringes verfügt, und zwar so, daß auch hier die Intima von den Dornen mitgefaßt wird. Ist dies mit dem arteriellen und venösen Gefäßende geschehen, so werden die beiden Ringe mit Spezialzangen so ineinandergefügt, daß eine flanschartige Verbindung entsteht und die Löcher des jeweils gegenüberliegenden Tantalringes in die Dornen des gegenüberliegenden Ringes passen, so daß es zu einer Gefäßverbindung Intima auf Intima kommt. Ein Gefäßdurchmesser von mindestens 1,8 mm ist hier Bedingung (siehe Abb. 18).

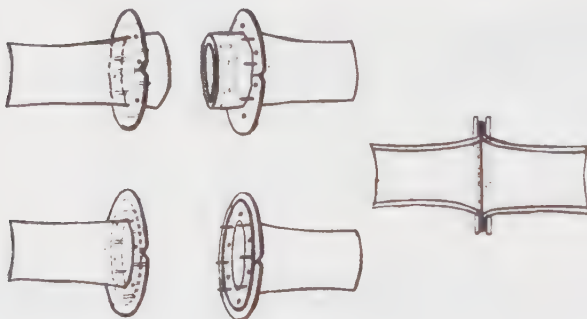


Abb. 18

Die End-zu-End-Anastomose mit dem Nakayama-Gerät nach Sperling (120).

Über eine neue Entwicklung auf dem Gebiet der End-zu-End-Gefäßverbindungen berichtet Möhring (100). Hierbei wird Butyl-Cyanoacrylat-Gewebekleber verwendet. Die Operation erfolgt bis zur geraden Durchtrennung von Arterie und Vene wie geschildert. Dann

wird durch einen Nebenast der V. cephalica und durch die V. cephalica ein Fogarty-Katheter in das Arterienende eingeführt und sein Ballon aufgeblasen. Danach zieht man das arterielle Ende mit Hilfe des Fogarty-Katheters etwa 1 bis 1 1/2 cm in das Venenlumen hinein. Daraufhin erfolgt die Freigabe des arteriellen Blutstromes, so daß sich die Arterie in der Venen dehnt. Der Kleber (2 - 3 Tropfen) wird dann an der Circumferenz, an der die Vene der Arterie anliegt, aufgetragen und 1 - 2 Minuten trocknen gelassen. Jetzt wird der Fogarty-Katheter entfernt und der venöse Seitenast unterbunden. Bei 20 so hergestellten Anastomosen kam es in keinem Fall zu einer Frühthrombose, lediglich eine Fistel thrombosierte nach 2 1/2 Monaten.

### 3.2. Selteneres Verfahren zur Anlage subcutaner Gefäßverbindungen zur Dialyse.

#### 3.2.1. Durch direkte Verbindung einer Arterie und einer Vene.

Außer der beschriebenen Möglichkeit einer Anastomosierung von A. radialis und V. cephalica, die bei geeigneten Gefäßen immer zuerst angestrebt werden sollte, bestehen am Unterarm noch folgende weitere Möglichkeiten:

Anastomosieren der A. ulnaris mit der V. basilica. Dieses Verfahren wird von zahlreichen Autoren als Ausweichmethode angegeben (3, 18, 31, 34, 41, 97, 124). Brittinger (18) warnt jedoch davor, die Anastomose zwischen A. ulnaris und V. basilica kurz nach einer Unterbindung der A. radialis durchzuführen, da sie dann in Ermangelung gut ausgebildeter Kollateralen sehr wohl zu manifesten Durchblutungsstörungen der Hand führen kann. Statt dessen empfiehlt er einen neuen Shuntversuch im proximalen Unterarmbereich, wenn dort die A. radialis noch durchgängig ist.

Eine weitere Möglichkeit zu einer Unterarmfistel besteht bei schlecht ausgebildeter oder thrombosierter V. cephalica bei bestehender av-Fistel in der sogenannten Venentransposition (73, 87, 97). Hierbei wird so verfahren, daß nach Darstellung der A. radialis

das Gefäß durchtrennt, mit einer Heparin-Kochsalz-Lösung aufgefüllt und abgeklemmt wird. Danach erfolgt die Mobilisierung der V. basilica nach entweder kontinuierlicher oder mehreren kleinen Hautschnitten mit Unterbindung der Seitenäste von der Ellenbeuge bis zum Handgelenk. Daraufhin erfolgt die distale Ligatur und Durchtrennung der Vene. Durch Prallfüllung der Vene nach proximaler Abklemmung zur Kontrolle auf Dichtigkeit wird die Wunde bis auf einen kleinen Rest am proximalen Ende verschlossen. Danach erfolgt eine Tunnelierung der Haut zwischen peripherem Radialisende und proximalem Bas illicaende durch Eingehen zwischen Cutis und Subcutis mit einer mit der Spitze nach außen gerichteten Kornzange. Hierbei sind eventuell Zwischeninzisionen erforderlich. Dann wird die prall gefüllte Vene von proximal nach distal durchgezogen und End-zu-End mit der A. radialis verbunden. Dieses Verfahren kam an unserer Klinik ebenfalls zur Anwendung (siehe Abb. 19).

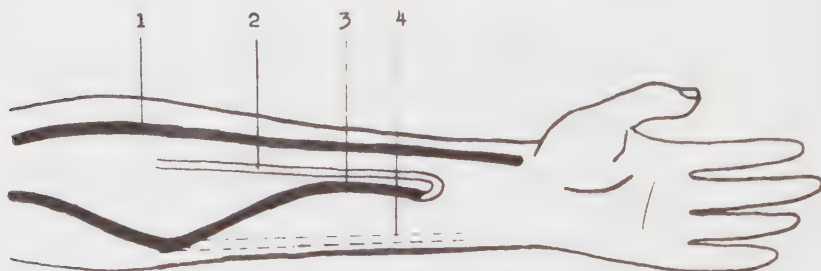


Abb. 19

Transposition der Vena basilica und End-zu-End-Anastomosierung mit der Arteria radialis

1 = V. cephalica

2 = A. radialis

3 = V. basilica

4 = Lage der V. basilica vor Transposition

Zahlreiche Autoren gegen als weitere Ausweichmöglichkeiten Fisteln an, die im Bereich der Ellenbeuge angelegt werden (3, 11, 18, 28, 73, 87, 97, 108, 121, 139). Hierbei ergeben sich aufgrund der Anatomie der dort verlaufenden Gefäße zahlreiche Möglichkeiten zu Gefäßanastomosen (siehe Abb. 20).

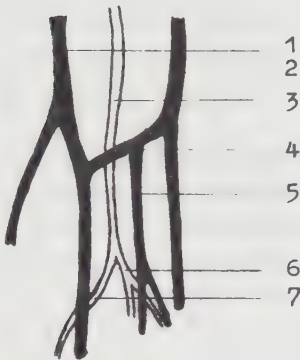


Abb. 20

#### Lagebeziehungen zwischen Arterien und Venen in der Ellenbeuge

schwarz = Venen  
weiß = Arterien

- 1 = V. cephalica
- 2 = V. basilica
- 3 = V. mediana cubiti
- 4 = V. ante brachii
- 5 = A. brachialis
- 6 = A. radialis
- 7 = A. ulnaris

So kann die A. radialis mit der V. cephalica Seit-zu-End, Seit-zu-Seit und End-zu-End verbunden werden. Die A. brachialis kann Seit-zu-Seit oder Seit-zu-End mit der V. mediana cubiti oder V. mediana ante brachii verbunden werden. Nach Zebe (139) empfiehlt sich auch

die Seit-zu-End-Verbindung zwischen A. brachialis und V. basilica. Hierbei muß jedoch zur Erlangung einer längeren funktionsfähigen Strecke die V. basilica subcutan verlagert werden. Brittinger (18) sah jedoch bei dieser Gefäßanastomosierung zweimal ein schweres Steal-Syndrom und empfiehlt die End-zu-End-Vereinigung zwischen A. radialis und der vorverlagerten V. basilica.

Als weitere Ausweichmöglichkeit zur Anastomosenanlage wird auch der Unterschenkel angegeben (3, 18, 34, 37, 93, 94, 97, 108, 121, 124). Hierbei bietet sich die V. saphena an sowie auf der arteriellen Seite die A. tibialis posterior, die A. tibialis anterior und die A. dorsalis pedis. Überwiegend wird die A. tibialis posterior zur Shuntanlage genutzt.

Weitere Möglichkeiten zur Anlage einer direkten av-Fistel bestehen am Oberschenkel. Die einfache Seit-zu-End-Anastomose zwischen der A. femoralis superficialis und der V. saphena magna, wie sie von Enderlin (36) und zahlreichen anderen Autoren beschrieben wird (3, 41, 60, 73, 87, 124), (siehe Abb. 21).



Abb. 21

Die sapheno-femorale Seit-zu-End-Fistel

weiß = Arterie

schwarz = Vene

nach Enderlin

Hierbei sollte zur Erleichterung der Punktion die Vene in ihrem Verlauf subcutan gelagert werden. Voraussetzung ist aber eine einwandfreie Durchgängigkeit der V. saphena, was präoperativ durch eine Phlebographie abgeklärt werden sollte.

Eine weitere Methode beschreibt Brittinger (18), der zunächst die A. femoralis superficialis subcutan verlagert, so dann die V. saphena magna schlingenförmig mit dem distalen Teil der A. femoralis superficialis Seit-zu-End anastomosiert.

Ein anderer Gefäßzugang wird von Rumpf (109) beschrieben. Hierbei wird die V. saphena magna mobilisiert, distal durchtrennt, in einer subcutanen Schlinge an die A. femoralis profunda herangeführt und dort Seit-zu-End anastomosiert. Janisch (69) anastomosiert nach der Schlingenbildung die Saphena magna mit der A. femoralis communis oder mit der A. femoralis superficialis.

Izquierdo (66) legt die Schlinge statt am Oberschenkel subcutan in die vordere Bauchwand.

### 3.2.2. Die Dazwischenschaltung von verschiedenen Interponaten. Die freien Venentransplantate.

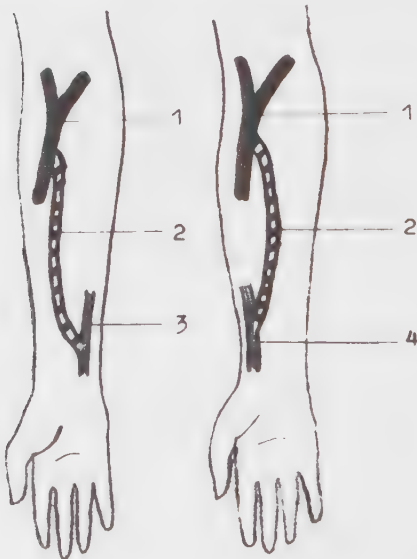
Hierbei handelt es sich um eine frei auf den Unterarm transplantierte V. saphena magna, die zum Gefäßersatz bei verbrauchten Gefäßen am Unterarm zum Einsatz kommt. Hierbei wird die V. saphena auf der Innenseite des Oberschenkels durch zwei bis drei separate Schnitte, die den Spannungslinien der Haut folgen, entnommen, nachdem sie mobilisiert wurde und die Seitenäste unterbunden und durchtrennt wurden. Nach distaler Unterbindung und Durchtrennung erfolgt dann die Prüfung auf Dichtigkeit durch Einspritzen einer Heparin-Kochsalz-Lösung. Für die Anlage eines Shunts in Straight-Form wird ein etwa 25 cm langes Venenstück benötigt (57), für die Loop-Form ein Stück von etwa 40 cm Länge (68). (siehe Abb. 22)



Abb. 22

Die Schnittführung bei der  
Saphenaentnahme

Bei Anlage eines Venentransplantates in Straight-Form wird dann das Venenstück Seit-zu-End mit der A. ulnaris oder radialis in typischer Weise anastomosiert. Nach einem Schnitt in der Ellenbeuge und Aufsuchen einer geeigneten Vene erfolgt mit einer Kornzange die subcutane Tunnelung und Seit-zu-End- oder End-zu-End-Anastomosierung mit einer geeigneten Ellenbogenvene (siehe Abb. 23).



- 1 = Vena cubitalis
- 2 = Transplantat
- 3 = Arteria ulnaris
- 4 = Arteria radialis

Freies Saphena-  
transplantat in  
Straight-Form  
nach Hehrlein (57)

Abb. 23

Nach Freigabe des Blutstroms füllt sich die Vene. Nach Prüfung auf Bluttrockenheit erfolgt die Hautnaht.

Das Verfahren, die transplantierte V. saphena in Schlingenform oder Loop-Form auf den Unterarm zu transplantieren, wurde zuerst beschrieben durch May und Mitarbeiter (96). Hierbei erfolgt ein Hautschnitt in der Ellenbeuge sowie 2 oder 3 separate Einschnitte am distalen Unterarm von etwa 2 cm Länge (68). Es erfolgt dann die Freilegung der A. brachialis (oder radialis) und das Aufsuchen einer geeigneten Vene in der Ellenbeuge. Hierbei kommen folgende Venen in Frage: Die V. cephalica, die V. basilica und die V. brachialis. Die Anastomose erfolgt in Seit-zu-End- oder End-zu-End-Form. Nach subcutaner Tunnelung und unter Schleifenbildung wird die V. saphena dann unter Vermeidung einer Torsion durchgezogen und Seit-zu-End mit der A. brachialis oder Seit-zu-End oder End-zu-End mit der A. radialis vereinigt. Nach Freigabe des Blutstromes erfolgt dann die Prüfung auf Bluttrockenheit und der Wundverschluß. (siehe Abb. 24).

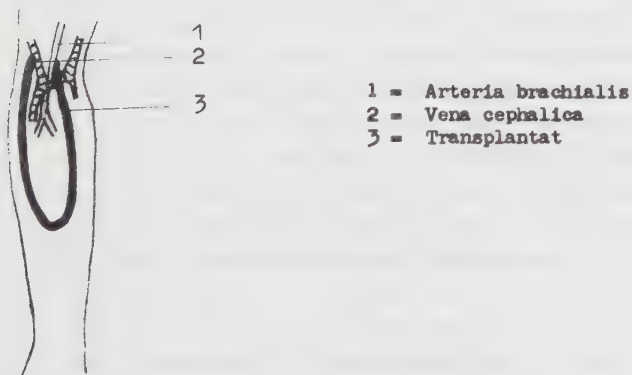


Abb. 24

Die Saphenaschlinge am Unterarm  
nach Hollinger (64)

Weitere Möglichkeiten bestehen zwischen der A. axillaris und der V. basilica und der A. brachialis und der V. brachialis proximal (31). Von Janisch (69) wird außerdem bei Seit-zu-End-Anastomosen das Verfahren angewendet, bei dem die Anastomose unter Verwendung einer Venenbifurkation zur Anwendung kommt (siehe Abb. 11).

#### Alloplastische Interponate.

In neuester Zeit treten alloplastische und xenogene Transplantate in zunehmender Weise als Konkurrenz für die freien Venentransplantate in den Vordergrund.

#### Das Sparks-Mandril.

Bei dem von Sparks (118) vorgestellten Modell handelt es sich um ein gestricktes poröses, zweischichtiges Dakronrohr, in dessen Lumen ein Silikonkern eingelegt ist. Dieses Kunstprodukt kann in ähnlicher Weise wie das autogene Saphena-Transplantat verwendet werden. Zunächst wird das Sparks-Mandril am gewünschten Ort (Unterarm oder Oberschenkel) in Schlingenform im Bereich des später geplanten Shunts nach subcutaner Tunnelung eingelegt. Während einer nun folgenden 8-wöchigen Einheilungsphase bildet sich im Lumen eine Zellschicht aus Fibrozyten, Histiozyten und Rundzellen. Darauf folgt nach außen der zweischichtige Faserteil der Prothese, ganz außen liegen konzentrisch geschichtete Kollagenfasern, die sich aus dem verdrängten Bindegewebe gebildet haben. In der zweiten Phase erfolgt dann die Anastomosierung nach Ziehen des Silikonkerns, und zwar zunächst venös und dann arteriell.

#### Die PTFE-Prothese.

In neuester Zeit macht die PTFE = polytetrafluoroethylene-Prothese von sich reden. Erfahrungen über die Verwendung zur Bildung subcutaner av-Shunts liegen vor von Moheideen (102). Hierbei handelt es

sich um ein gedehntes, hochporöses Teflon-Material, das ein Einwachsen von Zellen und Kapillaren sowie die Ausbildung einer Neointima ermöglicht. Erste Ergebnisse mit diesem Material in der Literatur sind ermutigend (70, 71, 102).

#### Die bovinen Heterotransplantate.

Gute Resultate über die Verwendung von bovinen Heterotransplantaten liegen von zahlreichen Autoren vor (9, 23, 35, 62, 64, 133, 137, 140). Hierbei handelt es sich um Rindercarotiden, die durch verschiedene chemische Verfahren enteiweißt und mit Dialdehyd gegerbt werden, so daß ein Gefäß ohne Antigeneigenschaften entsteht, das fast ausschließlich aus Kollagen besteht. Diese Gefäße können genau so anastomosiert werden wie Venentransplantate, jedoch aufgrund ihres Kalibers (6 - 12 mm) in Seit-zu-End- und End-zu-Seit-Form am Arm oder am Oberschenkel, wobei am Oberschenkel auch der venöse Anteil End-zu-End mit der V. saphena magna anastomosiert werden kann. Die Hauptvorteile dieser Shunt-Form bestehen in der sofortigen leichten Punktierbarkeit, der einfachen Operation und dem Erhaltenbleiben der V. saphena magna in situ.

#### 3.2.3. Arterio-arterielle Gefäßverbindungen.

Brittinger (15) mobilisiert die A. femoralis superficialis, die unter dem M. sartorius liegt, unterbindet und durchtrennt die Seitenäste und legt die Arterie auf die unter ihr wieder verschlossene Fascia lata. Bei adipösen Patienten kann das Gefäß auch subcutan verlagert werden. Auf diese Weise gewinnt man ein Gefäß, das nach Aussage von Brittinger (17) für lange Zeit gut punktierbar ist. Präoperativ sollte die freie Durchgängigkeit der A. femoralis profunda arteriographisch gesichert werden. Durch die shuntfreie Hämodialyse ist dieses Verfahren nicht mit einer Erhöhung des HMP vergesellschaftet.



Abb. 25

Arterio-arterieller Bypass zur Arteria  
femoralis superficialis (weiß) durch  
eine Seit-zu-End und End-zu-Seit implantierte  
Vena saphena

schwarz = Vene  
weiß = Arterie

nach Heinrich (60)

Ein weiteres shuntfreies Verfahren wird von Heinrich (60) angegeben, der die V. saphena nach Subcutanverlagerung als Bypass zur A. femoralis verwendet. Hierbei bleibt bei einem Shuntverlust durch Thrombose oder andere Ereignisse die A. femoralis superficialis zur arteriellen Versorgung des Beines erhalten, (siehe Abb. 25).

Über eine Verbindung zwischen A. brachialis und A. radialis unter Verwendung eines freien Venentransplantates berichtet Steiner-Adams (121).

#### 4. Die Komplikationen der internen arterio-venösen Fisteln.

##### 4.1. Die Thrombosen.

Nach allen mir zur Verfügung stehenden Literaturstellen stellt die Thrombose die mit Abstand häufigste Komplikation dar. Hierbei unterscheidet man Frühthrombosen, die in den ersten 14 Tagen postoperativ auftreten (7, 28, 121) und Spätthrombosen. Die Frühthrombosen werden durch folgende Faktoren gefördert:

durch Störungen der lokalen Hämodynamik. Nach Gerlach und Lymberopoulos (44), die sich eingehend experimentell unter Zuhilfenahme verschiedener Modelle mit der lokalen Hämodynamik im Shuntbereich befaßten, fanden sich folgende Ergebnisse: Man sah bei der Seit-zu-Seit-Anastomose große Wirbel- und Stagnationsbereiche, die die Thrombose sicher fördern. Bei den End-zu-End- und Seit-zu-End-Anastomosen liegen die Strömungsverhältnisse deutlich günstiger.

durch operationstechnische Fehler (73, 75) wie: Zu kleine Anastomosenöffnung, Venentorsion, nahttechnische Fehler ect.

durch verminderten arteriellen Zustrom bei Arteriosklerose (35, 52, 73, 75, 113), hypoplastischen Gefäßen, die vor allem bei Frauen und Kindern angetroffen werden (8, 16, 63, 87, 103) und Hypotonie (3, 8, 41, 52, 73, 75, 79, 91, 94, 122).

durch verminderten venösen Abfluß, zumeist hervorgerufen durch zahlreiche Venenpunktionen bei chronisch Kranken. (75).

Die Spätthrombosen werden zumeist verursacht durch Intimaläsionen bei Punktion, durch Dehydratation nach Ultrafiltration, durch niedrigen Blutdruck sowie zu starke Kompression nach Beendigung der Dialyse, außerdem durch perivaskuläre Hämatome nach Fehlpunktion.

#### 4.2. Das Shunt-Aneurysma.

Das echte Shunt-Aneurysma entsteht durch lokal hohen Druck in der noch nicht an den arteriellen Druck angepaßten Vene oder durch Verlust elastischer Elemente durch zahlreiche Punktionen. Das falsche Aneurysma entsteht zumeist durch Nahtinsuffizienz. Ein mykotisches oder infiziertes Aneurysma erfordert den Verschluß des Shunts, während sonst eine Resektion und Neuanastomosierung das Verfahren der Wahl darstellt.

#### 4.3. Die Shuntblutung.

Bei Blutungen aus dem Shuntbereich, die noch am Op.-Tag auftreten, sind operationstechnische Fehler anzunehmen, wie Nahtundichtigkeit und aufgegangene Ligaturen.

#### 4.4. Die Infektion.

Tritt eine Blutung zu einem späteren Zeitpunkt aus dem Shunt auf, oder finden sich typische Zeichen, handelt es sich um eine Infektion. Da hier die Gefahr der Septikämie sehr groß ist, besteht die Therapie zumeist im Verschluß des Shunts.

#### 4.5. Die Stauung der Handvenen.

Bei der Seit-zu-End-Anastomose kann es durch den nach distal abführenden Schenkel der Vene zur Stauung der Handrückenvenen und

zum Handrückenödem kommen, sobald die Venenklappen durch den höheren Druck insuffizienz geworden sind. Die Therapie besteht dann in der Ligatur des distalen Venenschenkels, da eine rein antioedematöse Behandlung die Ursache nicht beseitigen kann.

#### 4.6. Das Steal-Syndrom.

Die Zeichen eines Steal-Syndroms sind: Kältegefühl in den Fingern, "einschlafen" der Finger, bläuliche Verfärbung, Kribbelgefühl und Schmerzen bei Bewegung der Finger. Zum Steal-Syndrom kommt es vorwiegend bei der Seit-zu-Seit-Anastomose (22) und seltener bei der Seit-zu-End-Anastomose. (29). Es kommt hierbei zum Rückfluß des Blutes aus dem Arcus palmaris profundus und superficialis zur Fistel hin und somit zur Minderdurchblutung der Finger. Die Abnahme der Fingerdurchblutung wurde bei der Seit-zu-Seit-Anastomose durch Bussel (22) nachgewiesen, während dieselbe Gruppe (1) diesen Effekt bei Seit-zu-End-Anastomosen nicht sah. De Pena Perez beschreibt diesen Effekt auch bei Seit-zu -End-Anastomosen, bei denen die Fistelöffnung größer ist als das Arterienkaliber.

#### 4.7. Der Einfluß des Shuntvolumens auf das Herzzeitvolumen.

Das bei den Urämikern ohnehin gesteigerte HMV (116) kann durch das zusätzliche Shuntvolumen weiter erhöht werden und damit zu cardialer Insuffizienz führen (122). Die gemessenen Shuntvolumina lagen bei Köhl (82) je nach Größe der Anastomose zwischen 215 und 1284 ml/min. Junginger (73) berichtet über ein Shuntvolumen von 2,6 l, das bei einem HMV von 13,6 l zur Herzinsuffizienz führte. Brittinger (18) gab für Oberschenkelshunts ein Shuntvolumen von 1500 ml an und mochte diese Operation nur kreislaufstabilen Patienten zumuten. Enderlin (36) sah in einem Fall ein HMV von 19 l bei einer Oberschenkelstistel, ohne daß es zur cardialen Dekompensation gekommen wäre. Die große Mehrzahl aber der Autoren bestätigt zwar die Steigerung des HMV, sah jedoch keine Zeichen einer cardialen Dekompensation (11, 45, 59, 101, 124, 132, 139).

## 5. Eigene Untersuchungen.

### 5.1. Das Krankengut.

Die Untersuchungen erstrecken sich auf einen Beobachtungszeitraum von Januar 1971 bis zum Dezember 1976. In dieser Zeit wurden an der Chirurgischen Klinik des Marienhospitals Herne 272 gefäßchirurgische Maßnahmen zur Herstellung oder Erhaltung eines arterio-venösen Shunts durchgeführt. Davon entfallen 32 Operationen auf Scribner-Shunts, die nur zur Akutdialyse oder zur Überbrückung bis zur Funktionsfähigkeit eines subcutanen Shunts bei Patienten mit terminaler Niereninsuffizienz eingesetzt wurden. 240 Operationen wurden zur Herstellung oder Erhaltung subcutaner Shunts durchgeführt. Diese Zahl setzt sich zusammen aus 57 operativen Revisionen sowie 183 Neuanlagen von subcutanen Shunts (siehe Tab. 2)

|       | subcutane<br>Shunts | Revi-<br>sionen | Scribner<br>Shunts | Revi-<br>sionen | Gefäßoperationen<br>total |
|-------|---------------------|-----------------|--------------------|-----------------|---------------------------|
| 1976  | 75 = 41 %           | 17              | 10                 | 3               | 105 = 38,6 %              |
| 1975  | 45 = 24,5 %         | 20              | 6                  | 7               | 78 = 28,7 %               |
| 1974  | 21 = 11,5 %         | 3               | 3                  | 1               | 28 = 10,5 %               |
| 1973  | 25 = 13,5 %         | 10              | -                  | -               | 35 = 12,5 %               |
| 1972  | 9 = 5 %             | 4               | 1                  | 1               | 15 = 5,5 %                |
| 1971  | 8 = 4,5 %           | 3               | -                  | -               | 11 = 4,5 %                |
| Total | 183 = 100 %         | 57              | 20                 | 12              | 272 = 100 %               |

Tab. 2

Der erhebliche Bedarf an Dialyseplätzen spiegelt sich wieder in dem deutlichen Ansteigen der Operationszahlen in den Jahren 1975 und 1976, wohl auch gefördert durch den Anschluß eines Limited-Care-Center an das Marienhospital. So wurden in den Jahren 1975 und 1976 65,5 % aller subcutanen Shunts operiert. Ausgewertet werden konnten 165 Shunts und 39 Revisionsoperationen, da einige Shunts durch Umzug der Patienten, Verlegungen und ähnliche Gründe nicht über einen ausreichend langen Zeitraum beobachtet werden konnten.

Das Untersuchungsgut umfaßt damit 110 Patienten, denen insgesamt 165 subcutane Shunts für die Hämodialyse angelegt wurden. 39 Mal wurden Revisionen durchgeführt. Es wurden ausschließlich arterio-venöse Shunts hergestellt, zum Teil unter Zuhilfenahme eines freien Venen-transplantates, neuerdings auch mit bovinen Heterografts. Lokalisiert waren die Shunts am Unterarm, in der Ellenbeuge, am Unterschenkel und am Oberschenkel. Externe Shunts wurden nicht zur Langzeitdialyse eingesetzt. Nicht verwandt wurden von uns das Sparks-Mandrill sowie arterio-arterielle Anschlußverfahren.

## 5.2. Allgemeine Auswertung des Patientengutes.

### 5.2.1. Geschlechtsverteilung.

Von 110 Patienten waren 66 weiblichen und 44 männlichen Geschlechts (siehe Abb. 26).

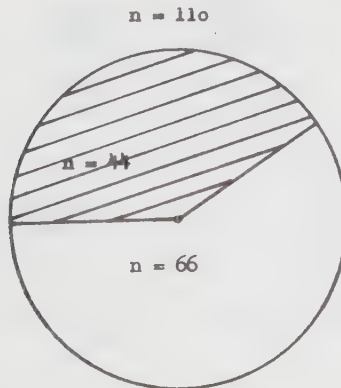


Abb. 26

Geschlechtsverteilung

Zeichenerklärung: schraffiert = männlich  
weiß = weiblich

Diese absoluten Zahlen entsprechen Prozentsätzen von 40 % männlichen Patienten und 60 % weiblichen Patientinnen.

Die durchschnittliche Laufzeit aller Shunts lag fast genau bei 12 Monaten. Auffällig war, daß die durchschnittliche Laufzeit der Shunts bei Frauen mit 9,2 Monaten deutlich darunter lag, während die durchschnittliche Laufzeit bei den Männern mit 13,9 Monaten genau so deutlich darüber lag. Weiter fiel auf, daß auch die Anzahl der pro Patient benötigten Shunts bei Frauen deutlich höher lag als bei Männern (siehe Abb. 27).

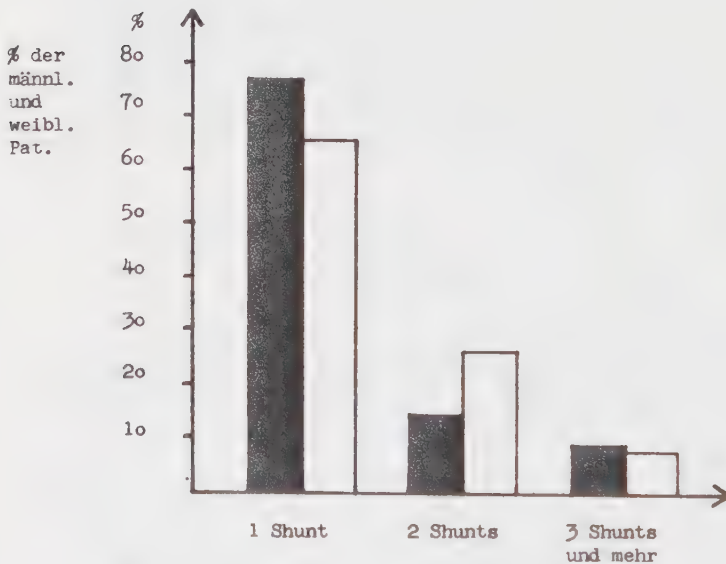


Abb. 27

Zeichenerklärung:

schwarz = männlich  
weiß = weiblich

n =  
Anzahl der pro Person  
benötigten Shunts

Bei diesem Schaubild sind jeweils 44 männliche Patienten und 66 weibliche Patientinnen gleich 100 % gesetzt. Es wird dabei deutlich, daß 77,3 % aller Männer nur 1 Shunt benötigten, während nur 66,6 % der Frauen mit 1 Shunt auskamen. Demgegenüber benötigten nur 13,6 % der Männer 2 Shunts, während bei Frauen der Prozentsatz mit 25,8 % fast doppelt so hoch liegt. Mehr als 2 Shunts benötigten 9 Patienten, 4 Männer und 5 Frauen entsprechend 9,1 bzw. 7,6 %.

#### 5.2.2. Altersverteilung.

Die Altersverteilung unseres Patientengutes ergibt sich aus der Abbildung 28.

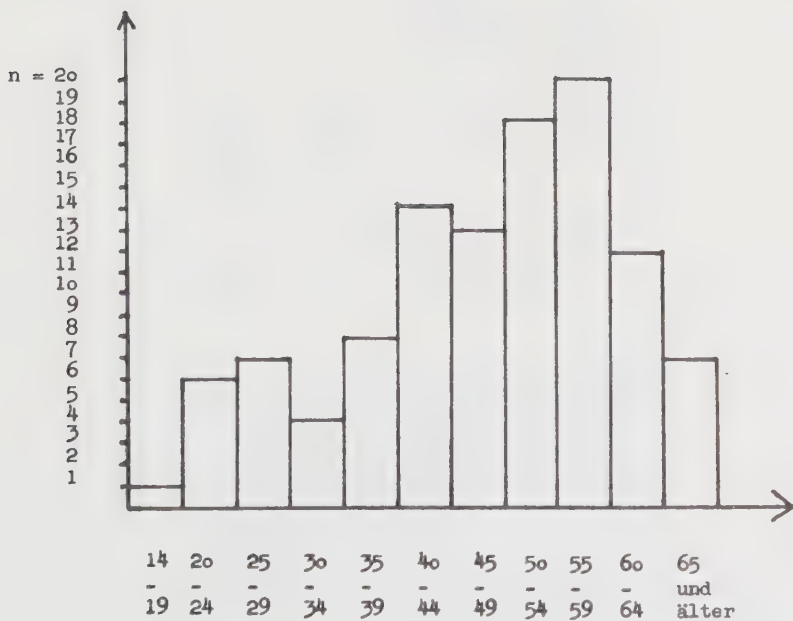


Abb. 28

Altersverteilung

Daraus geht hervor, daß die stärkste Patientengruppe, die im Alter von 55 - 59 Jahren ist. Der älteste Patient war 73 Jahre alt, die jüngste Patientin 16 Jahre alt. Das Durchschnittsalter lag bei 47,7 Jahren, bei Frauen 47,5 Jahren, bei Männern 47,9 Jahren. Das Durchschnittsalter bei Männern und Frauen war also praktisch gleich. Um eine Relation von Alter und Laufzeit der Shunt herstellen zu können, teilten wir das gesamte Patientengut in 2 Gruppen auf, nämlich in die Patienten, die 45 Jahre und älter waren und eine zweite Gruppe, die 44 Jahre und jünger war. Siehe Abbildung 29.

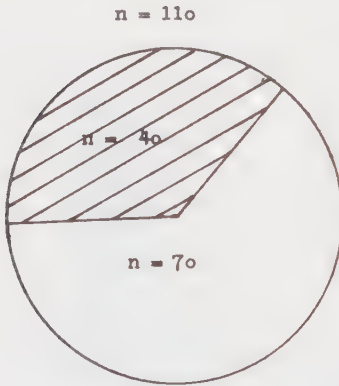


Abb. 29

Aufteilung in 2 Altersgruppen

Zeichenerklärung:

schraffiert = 44 Jahre und jünger

weiß = 45 Jahre und älter

70 Patienten gehörten der Gruppe 45 Jahre und älter, 40 zu der Gruppe 44 Jahre und jünger entsprechend 64 % und 36 %. Auffällig war nun, daß bei einer durchschnittlichen Laufzeit der Shunts von 12 Monaten die Laufzeit der Shunts in der Gruppe 45 Jahre und älter mit 10,2 Monaten deutlich unter dem Mittelwert, die der Gruppe 44 Jahre und jünger aber erheblich darüber lag mit 15 Monaten.

### 5.2.3. Die Ätiologie der Niereninsuffizienz.

Über die Verteilung der Ursachen, die zur Niereninsuffizienz führten, gibt folgendes Schaubild einen guten Überblick. Siehe Abbildung 30.

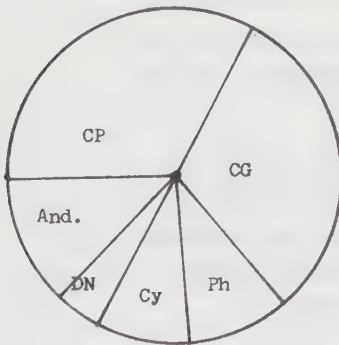


Abb. 30

#### Ätiologie der Niereninsuffizienz

##### Zeichenerklärung:

- CP = Chronische Pyelonephritis
- CG = Chronische Glomerulonephritis
- Ph = Phenacetinniere
- Cy = Cystenniere
- DN = Diabetische Nephropathie
- And. = Andere Ursachen

Wie hieraus hervorgeht, stellt die chronische Pyelonephritis mit einer Anzahl von 36 entsprechend 33 % den größten Anteil. Dicht dahinter liegt mit einer Anzahl von 34 entsprechend 31 % die chronische Glomerulonephritis. Die Phenacetinniere stellt mit einer Anzahl von 11 Diagnosen entsprechend 10 % die drittgrößte Gruppe, dann die Cystennieren mit 10 entsprechend 9 %, danach die diabetische Nephropathie mit 5 Diagnosen entsprechend 4,5 %. Der Rest - 14 Ursachen - entsprechend 12,5 % - setzt sich so zusammen:

|                                                                                                                                                                                                                         |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Nephrosklerose bei Hypertonie                                                                                                                                                                                           | n = 3 |
| Nierentuberkulose, davon 1 Patient wegen der Erkrankung bds. nephrektomiert                                                                                                                                             | n = 2 |
| Bei 2 Patientinnen (Mutter und Tochter !) ist die Diagnose letztendlich z. Z. noch ungeklärt                                                                                                                            | n = 2 |
| Zustand nach bds. Nephrektomie wegen Pyonephrose und Urolithiasis bds.                                                                                                                                                  | n = 1 |
| Zustand nach bds. Nephrektomie wegen nicht einstellbaren Blutdrucks auf dem Boden einer chronischen Pyelonephritis                                                                                                      | n = 1 |
| Alport-Syndrom                                                                                                                                                                                                          | n = 1 |
| Chromoproteinniere                                                                                                                                                                                                      | n = 1 |
| Postpartale Schockniere<br>(bei den beiden letztgenannten Patienten ist z. Z. keine Dialyse mehr erforderlich)                                                                                                          | n = 1 |
| Zustand nach Ektomie einer pyelonephritisch veränderten Hufeisenniere                                                                                                                                                   | n = 1 |
| Bei einer Patientin lag ein arterio-venöses Aneurysma im Bereich des Gefäßstiels einer 1956 entfernten re. Niere vor, das in die Vena cava entleerte. Bei der Aneurysmaresektion fand sich die Vena cava im Bereich der |       |

Fistel erheblich arteriosklerotisch verändert,  
so daß man vermuten kann, daß die li. Niere hierdurch  
sowie durch den lokal hohen Druck im Cava-Bereich  
durch venöse Abflußbehinderung geschädigt ist                      n = 1

#### 5.2.4. Todesursachen und Überlebenszeiten.

Insgesamt verstarben von den 110 Patienten im Beobachtungs-  
zeitraum 38 Patienten entsprechend 34,5 %. Die Todesursachen schlüsseln  
sich auf wie folgt:

|                                                                   |        |
|-------------------------------------------------------------------|--------|
| HerzKreislaufversagen                                             | n = 16 |
| Apoplektischer Insult                                             | n = 8  |
| Sepsis                                                            |        |
| (einmal nach Nephrektomie)                                        |        |
| (einmal nach Pneumonie)                                           |        |
| (einmal nach Schrittmachertascheninfektion)                       | n = 3  |
| Nicht mehr zur Dialyse erschienen                                 | n = 2  |
| Gastrointestinale Blutungen                                       | n = 2  |
| Malignom                                                          | n = 2  |
| Aspiration von Blut unbekannter Genese<br>während der Heimdialyse | n = 1  |
| Herzstillstand nach Aspiration von Erbrochenem                    | n = 1  |
| Peritonitis nach Darmperforation                                  | n = 1  |
| Fluid-Lung nach Überwässerung in<br>suizidaler Absicht            | n = 1  |
| Shunt aufgeschnitten in suizidaler Absicht                        | n = 1  |

Bei den Todesursachen stehen die kardiovaskulären Ursachen (Herz-  
kreislaufversagen, apoplektischer Insult) mit einer Zahl von 24  
entsprechend 63 % deutlich im Vordergrund. Auffällig ist weiterhin,

daß 2 Patienten durch direkte suizidale Handlung (absichtliche Überwässerung und Aufschneiden des Shunts) verstarben. Da man bei den beiden Patienten, die der Dialyse fernblieben, ebenfalls eine indirekte suizidale Handlung annehmen muß, verstarben 4 Patienten durch suizidale Handlung.

Von 70 Patienten in der Gruppe 45 Jahre und älter verstarben 27 entsprechend 38,6 %, während in der Gruppe 44 Jahre und jünger lediglich 11 von 40 Patienten entsprechend 27,5 % starben. Dennoch findet sich in der Gruppe 45 Jahre und älter eine maximale Überlebenszeit von 62 Monaten, während in der Gruppe 44 Jahre und jünger die maximale Überlebenszeit bei 66 Monaten liegt.

### 5.3. Spezielle Auswertung der verschiedenen Shunts.

#### 5.3.1. Die Verteilung der Shunts auf die Extremitäten.

Da bei Vorhandensein geeigneter Gefäße der Unterarm wegen der dort leicht zugänglichen Gefäße und der guten Punktierbarkeit auch für Heimdialysepatienten zur primären Shuntanlage gewählt wird, ist es naheliegend, daß in unserem Krankengut der weitaus größte Teil der 165 arterio-venösen Shunts im Bereich des Unterarms lagen, nämlich 141 entsprechend 85,5 %. Siehe Abbildung 31.

n = 165

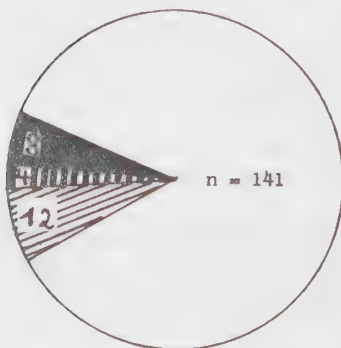


Abb. 31

Verteilung der Shunts auf die Extremitäten

Zeichenerklärung:

- weiß = Unterarm
- schwarz = Untere Extremität
- dickschraffiert = Interponate Unterarm
- dünnschraffiert = Ellenbeugenshunts

Im Bereich der Ellenbeuge wurden 12 Shunts angelegt entsprechend 7,3 %. 4 Shunts entsprechend 2,4 % wurden durch Interponate (3 freie Saphenatransplantate, 1 bovine Kollagen-Prothese) ebenfalls am Unterarm angelegt. Das heißt, daß von 165 Shunts 157 = 95,2 % an der oberen Extremität angelegt wurden.

Nur 8 Shunts entsprechend 4,8 % wurden an der unteren Extremität angelegt, davon 7 am Unterschenkel und 1 am Oberschenkel als Seit-zu-End-Anastomose der A. femoralis superficialis mit der V. saphena. Im einzelnen wurden folgende Shunts angelegt:

a) Am Unterarm zwischen A. radialis und V. cepha-

lica bzw. durch Venentransposition mit der V. basica als

|                          |          |
|--------------------------|----------|
| End-zu-End-Anastomosen   | 68       |
| Seit-zu-End-Anastomosen  | 72       |
| Seit-zu-Seit-Anastomosen | <u>1</u> |

141

b) In der Ellenbeuge End-zu-End oder Seit-zu-End

zwischen A. radialis und v. cephalica oder einem  
Seitenast

7

Seit-zu-End zwischen A. brachialis und benachbarter  
Vene

5

12

c) Interponate am Unterarm

|                                              |          |
|----------------------------------------------|----------|
| 3 Saphena-Transplantate in Korbhenkelform    | 3        |
| 1 Bovine-Kollagen-Prothese in Korbhenkelform | <u>1</u> |

4

d) An der unteren Extremität

|                                                                          |   |
|--------------------------------------------------------------------------|---|
| End-zu-End-Verbindung zwischen A. tibialis<br>post. und V. saphena magna | 7 |
|--------------------------------------------------------------------------|---|

|                                                                                    |          |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Seit-zu-End-Verbindung zwischen A. femoralis<br>superficialis und V. saphena magna | <u>1</u> |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------|

8

5.3.2. Die Unterarmshunts durch direkte Verbindung der A. radialis mit der V. cephalica oder V. basilica nach Venentransposition.

5.3.2.1. Die End-zu-End-Anastomosen.

a) Die Laufzeiten.

Bei 68 End-zu-End-Anastomosen am Unterarm betrug die durchschnittliche Laufzeit 12,7 Monate, siehe Tabelle 3.

| Shuntart   | Laufzeit<br>minimal | Laufzeit<br>maximal | Laufzeit<br>Durchschnitt |
|------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
| End-zu-End | 1 Tag               | 62 Monate           | 12,7 Monate              |

Tab. 3

Laufzeiten bei End-zu-End Unterarmshunts

Die kürzeste Laufzeit betrug 1 Tag, die längste 62 Monate.  
Ein anderer Shunt lief 51 Monate, zwei weitere 50 Monate.

b) Frühthrombosen.

Unter Frühthrombosen verstehen wir ebenso wie andere Autoren thrombotische Ereignisse, die innerhalb der ersten 14 Tage postoperativ auftreten. Insgesamt fanden sich bei 68 Shunts 18 Frühthrombosen = 26,4 %; die eine auffällige Häufung am ersten postoperativen Tag zeigten, siehe Abb. 32

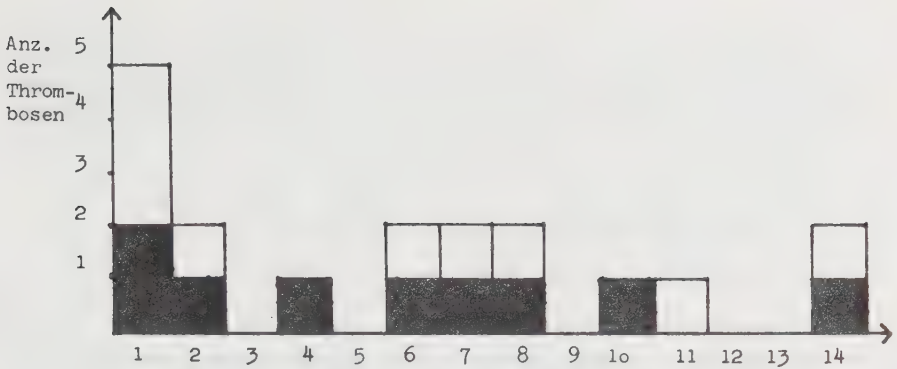


Abb. 32

Anzahl der thrombotischen Frühverschlüsse bei End-zu-End-Shunts am Unterarm

Anzahl der Tage postoperativ

Zeichenerklärung:

schwarz = erfolgreich revidiert

Am ersten postoperativen Tag ereigneten sich 5 der insgesamt 18 Frühthrombosen. Im weiteren Verlauf der ersten 14 postoperativen Tage ist eine deutliche Häufung nicht mehr zu erkennen.

Weiter geht daraus hervor, daß 9 = 50 % von diesen Thrombosen erfolgreich revidiert wurden durch operative Thrombektomien mit dem Fogarty-Katheter. Unter erfolgreicher Revision verstehen wir einen für mindestens 14 Tage weiter funktionsfähigen Shunt. Es verblieb also eine Zahl von 9 Shunts, die nicht erfolgreich revidiert werden konnten oder bei denen man eine operative Revision nicht versuchte.

#### c) Spätthrombosen.

Bei den Spätthrombosen ( $n = 17$  entsprechend 25 %) zeigte sich auch noch während der ersten beiden Monate (von 14. Tagen bis Ende des 1. Monats 3 Thrombosen und während des 2. Monats 4 Thrombosen = 7 Thrombosen = 41 % aller Spätthrombosen), noch eine auffällige Häufung thrombotischer Ereignisse, während danach das Thromboserisiko deutlich abfiel, siehe Tabelle 4.

|                       |         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|-----------------------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| Anzahl der Monate     | 1/2 - 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Anzahl der Thrombosen | 3       | 4 | 2 | 2 | - | 1 | 1 | 1 | 1 | -  | -  | 1  |

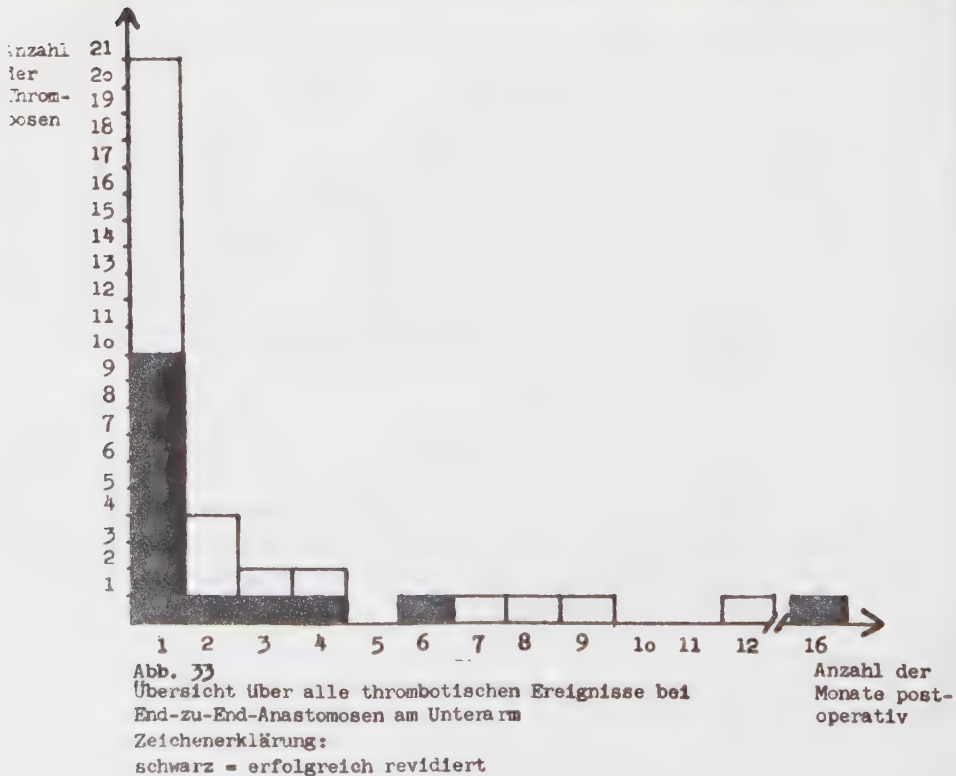
Tab. 4

Spätthrombosen bei End-zu-End-Shunts am Unterarm

Die späteste Thrombose ereignete sich nach 16 Monaten, konnte aber noch erfolgreich revidiert werden. Von den Spätthrombosen konnten 6 operativ erfolgreich revidiert werden = 35 %.

d) Synopsis von Früh- und Spätthrombosen.

Eine Zusammenfassung aller thrombotischen Ereignisse, von denen die End-zu-End-Anastomosen am Unterarm betroffen waren, zeigt die Abb. 33



Aus dieser Abbildung geht hervor, daß sich bei den 68 End-zu-End-Anastomosen am Unterarm im ersten Monat postoperativ 21 von insgesamt 35 Thrombosen ereigneten, was einem Prozentsatz von 60 % aller Thrombosen ausmacht. Im zweiten postoperativen Monat ereigneten sich noch 4 von 38 Thrombosen = 10,5 %. Der Rest, nämlich 10 Thrombosen, verteilt sich auf den Rest des Beobachtungszeitraums. Insgesamt ereigneten sich 35 Thrombosen bei 68 Shunts. Davon konnten 8 Shunts erfolgreich revidiert werden, so daß von einem endgültigen Verschluß 20 Shunts entsprechend 29 % aller End-zu-End-Anastomosen betroffen waren.

#### 5.3.2.2. Die Seit-zu-End-Anastomosen am Unterarm.

##### a) Die Laufzeiten.

Insgesamt wurden 72 Shunts in Form einer Seit-zu-End-Anastomose am Unterarm angelegt. Hierbei betrug die durchschnittliche Laufzeit 11,3 Monate, siehe Tabelle 5

| Shuntart    | Laufzeit<br>minimal | Laufzeit<br>maximal | Laufzeit<br>Durchschnitt |
|-------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
| Seit-zu-End | 1 Tag               | 45 Monate           | 11,3 Monate              |

Tab. 5

Laufzeit bei Seit-zu-End Unterarmshunts

Die kürzeste Laufzeit lag bei 1 Tag, die längste bei 45 Monaten.

##### b) Frühthrombosen.

Bei insgesamt 72 Shunts, die in Seit-zu-End-Form am Unterarm angelegt wurden, ereigneten sich 6 Frühthrombosen, was einem Prozentsatz von 8,3 % entspricht. Auch hier fällt, wie bei den End-zu-End-Anastomosen eine Häufung der thrombotischen Ereignisse am ersten postoperativen Tag auf, nämlich 3 von 6 Frühthrombosen, siehe Abbildung 34.

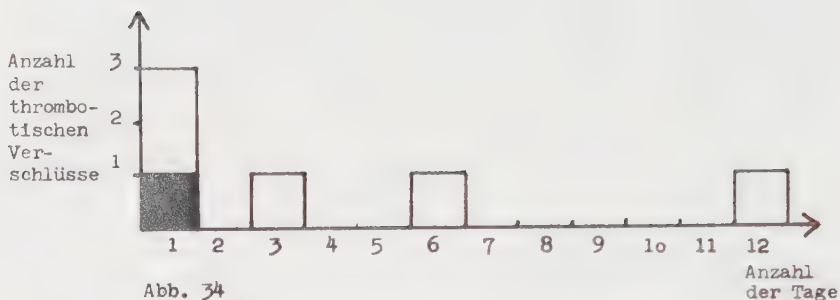


Abb. 34

Anzahl der thrombotischen Frühverschlüsse bei  
Seit-zu-End-Anastomosen am Unterarm

Zeichenerklärung:

schwarz = erfolgreich revidiert

Von diesen 6 thrombotischen Frühverschlüssen konnte lediglich 1 erfolgreich revidiert werden. Es verbleibt somit eine Zahl von 5 Verschlüssen, die operativ nicht revidiert werden konnte oder bei denen keine Revision versucht wurde.

c) Spätthrombosen.

Insgesamt zeigten sich bei 72 Seit-zu-End-Anastomosen 16 Spätthrombosen entsprechend einem Prozentsatz von 22 %, siehe Tabelle 6.

| Anzahl der Monate     | 1/2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-----------------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| Anzahl der Thrombosen | 2   | 4 | 2 | 1 | - | - | - | 1 | 1 | -  | -  | 2  |

Tab. 6

Spätthrombosen bei Seit-zu-End-Shunts am Unterarm

In den ersten beiden Monaten (2. Hälfte des ersten Monats und zweiter Monat 4 Thrombosen entsprechend 37,5 % aller Spätthrombosen) findet sich auch hier eine leichte Häufung der Spätthrombosen. Nach Ablauf von 12 Monaten ereigneten sich noch 3 Spätthrombosen, nach 15, 1/2, nach 18 und nach 21 Monaten.

d) Synopsis der Früh- und Spätthrombosen.

Eine Zusammenfassung aller Thrombosen bei Seit-zu-End-Anastomosen am Unterarm findet sich in Abbildung 35.

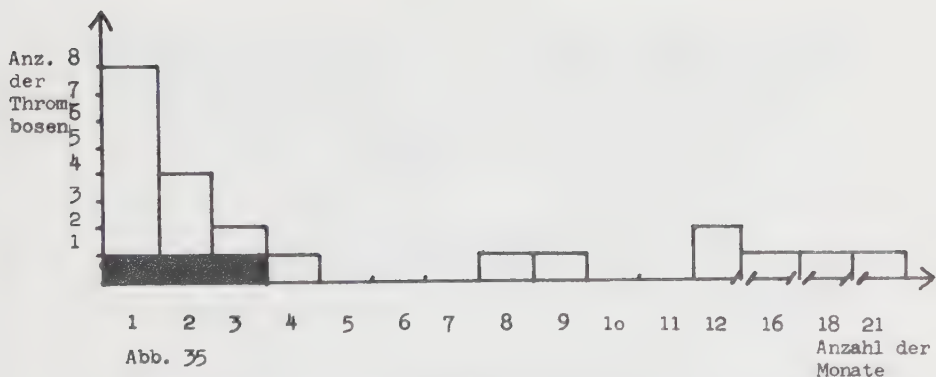


Abb. 35

Übersicht über alle thrombotischen Ereignisse bei Seit-zu-End-Anastomosen am Unterarm

Zeichenerklärung:

schwarz = erfolgreich revidiert

Daraus geht hervor, daß sich bei insgesamt 72 End-zu-End-Anastomosen am Unterarm im 1. Monat 8 von insgesamt 22 Thrombosen entsprechend einem Prozentsatz von 36,3 % ereigneten. Im 2. Monat kam es zu 4 Thrombosen

entsprechend 18. %. Der Rest von 10 Thrombosen fällt in einen späteren Zeitraum. Insgesamt kam es bei der Seit-zu-End-Anastomose zu 22 Thrombosen, die sich bei 19 Shunts ereigneten. 3 Revisionsoperationen waren erfolgreich, jedoch kam es später zum erneuten Verschluß durch Thrombose, so daß letztlich 19 Shunts endgültig thrombosiert waren = 26,3 % und durch andere Shunts ersetzt werden mußten.

5.3.2.3. Gegenüberstellung der Thromboserate von End-zu-End- und Seit-zu-End-Anastomosen am Unterarm.

Faßt man die Ergebnisse bei End-zu-End- und Seit-zu-End-Anastomosen am Unterarm zusammen, kommt man zu folgenden Ergebnissen:

Frühthrombosen

Bei Seit-zu-End-Anastomosen  
bei 72 Shunts 6 = 8,3 %

Bei End-zu-End-Anastomosen  
bei 68 Shunts 18 = 26,4 %

Spätthrombosen

16 Shunts = 22 %

17 Shunts = 25 %

Endgültig funktionsunfähige Shunts durch Thrombosen

19 Shunts = 26,3 %

20 Shunts = 29,4 %

Durch zahlreiche erfolgreiche Revisionen bei den End-zu-End-Shunts ist der Prozentsatz der auf Dauer funktionsunfähigen End-zu-End-Shunts trotz erheblich höherer Thromboserate, besonders im Bereich der Frühthrombosen, nicht wesentlich schlechter als bei den Seit-zu-End-Anastomosen. Andererseits ist aber die Komplikationsrate bei den Seit-zu-End-Shunts deutlich niedriger.

5.3.2.4. Eine Seit-zu-Seit-Anastomose zwischen A. radialis und V. cephalica wurde von uns angelegt. Sie war bis zum Tode ihres Trägers 7 Monate lang funktionsfähig, mußte allerdings zweimal revidiert werden.

### 5.3.3. Die Ellenbeugenshunts.

5.3.3.1. Durch Verbindung der A. radialis proximal mit der V. cephalica End-zu-End oder Seit-zu-End.

#### a) Die Laufzeiten.

Insgesamt wurden 7 Shunts auf diese Weise hergestellt. Die kürzeste Laufzeit lag bei 10 Tagen, die längste bei 48 Monaten. Die durchschnittliche Laufzeit dieser Shunts lag bei 14,6 Monaten, siehe Tabelle 7.

| Ellenbeugen-shunts           | Laufzeit minimal | Laufzeit maximal | Laufzeit Durchschnitt |
|------------------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| Art. radialis - V. cephalica | 10 Tage          | 48 Monate        | 14,6 Monate           |

Tab. 7

Die Laufzeit bei Ellenbeugenshunts durch Verbindung der Art. radialis mit der Vena cephalica

b) Bei diesem Shunt-Typ kam es lediglich zu 1 Frühthrombose bei 7 Shunt = 14,4 % und zwar am 10. Tag postoperativ. Sie wurde nicht durch Revision beseitigt, so daß ein neuer Shunt gelegt werden mußte.

#### c) Die Spätthrombosen.

Insgesamt ereigneten sich 3 Spätthrombosen bei den 7 Shunts, was einem Prozentsatz von 43 % entspricht, uns zwar 1 Thrombose in dem Abschnitt 14 bis 1 Monat, 1 im 2. Monat und 1 nach 25 Monaten. Betroffen von diesen Thrombosen waren 2 Shunts. Einmal wurde im 2. Monat erfolgreich revidiert, jedoch kam es nach 23,5 Monaten erneut zum Verschluß dieses Shunts.

d) Synopsis der Früh- und Spätthrombosen.

Es ereigneten sich also insgesamt 4 Thrombosen bei 7 Shunts, was einem Prozentsatz von 57 % entspricht. Einmal wurde erfolgreich revidiert, jedoch kam es nach 25 Monaten bei diesem Shunt zum endgültigen thrombotischen Verschluss, so daß letztlich 3 Shunts von thrombotischen Komplikationen funktionsunfähig gemacht wurden, was einem Prozentsatz von 43 % entspricht.

5.3.3.2. Ellenbeugenshunts durch Seit-zu-End-Verbindungen der

A. brachialis mit einer benachbarten Vene.

a) Die Laufzeit.

Insgesamt wurden 5 Shunts auf diese Art angelegt. Das Laufzeitminimum lag bei 1 Tag, das Maximum bei 26 Monaten. Die durchschnittliche Laufzeit betrug 11,9 Monate, siehe Tabelle 8

| Ellenbeugen-shunts               | Laufzeit minimal | Laufzeit maximal | Laufzeit Durchschnitt |
|----------------------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| Art. brachialis-benachbarte Vene | 1 Tag            | 26 Monate        | 11,9 Monate           |

Tab. 8

Die Laufzeit der Ellenbeugenshunts durch Verbindung der Art. brachialis mit einer benachbarten Vene

b) Die Frühthrombosen.

Zweimal kam es bei den 5 Shunts zu einer Frühthrombose, was einer Thromboserate von 40 % entspricht, und zwar einmal am 1. Tag postoperativ und einmal am 10. Tag postoperativ. Die zuletzt genannte Thrombose konnte erfolgreich revidiert werden.

c) Die Spätthrombosen.

Von 5 Shunts kam es bei nur 1 = 20 % zu einer Spätthrombose, und zwar im 6. postoperativen Monat.

d) Synopsis der Früh- und Spätthrombosen.

Insgesamt kam es dreimal zu einer Thrombose, was einer Rate von 60 % entspricht. Da jedoch 1 Shunt dauerhaft erfolgreich revidiert wurde, waren 2 Shunts von 5 entsprechend 40 % durch Thrombosen endgültig verschlossen.

5.3.4. Die freien Venentransplantate.

Die freien Venentransplantate wurden jeweils in Schlingenform am Unterarm angelegt. Dabei erfolgte die arterielle Anastomose in der Ellenbeuge als End-zu-End-Anastomose mit der A. radialis oder Seit-zu-End aus der Anastomose mit der A. brachialis. Das venöse Ende wurde jeweils End-zu-End mit der sich je nach den vorgefundenen Verhältnissen anbietenden Gefäße, und zwar mit der V. basilica oder v. cephalica verbunden. Die durchschnittliche Laufzeit dieser 3 Shunts lag bei 8,2 Monaten. Die kürzeste Laufzeit betrug 1/2 Monat. Dieser Shunt war am Ende des Beobachtungszeitraumes noch offen. Die längste Laufzeit ergab ein Shunt mit 14 Monaten. Auch dieser Shunt funktionierte am Ende des Beobachtungszeitraumes noch gut. Zu Frühthrombosen kam es bei dieser Shuntart nicht. Im Beobachtungszeitraum ereignete sich 1 Spätthrombose, und zwar im 10. postoperativen Monat.

5.3.5. Bei einer Patientin mit gehäuften Shuntkomplikationen wurde eine bovine Kollagen-Prothese in Schlingenform am Unterarm angelegt. Der Shunt zeigte bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes eine gute Funktion für die Dauer von 2 Monaten.

5.3.6. Die Shunts am Unterschenkel.

Diese auch in der Literatur nur selten angegebene Art eines subcutanen arterio-venösen Shunts wurde von uns siebenmal ausgeführt, und zwar jeweils durch Verbindung der A. tibialis posterior mit der V. saphena magna und zwar so, daß nach Mobilisation der Vene diese unter-

halb des Knöchels herum zur Arterie geführt und dann in typischer Weise End-zu-End anastomosiert wurde.

#### 5.3.6.1. Die Laufzeiten.

Die kürzeste Laufzeit lag bei 2 Tagen, die längste bei 65 Monaten (dieser Shunt liegt bei dem Patienten, der am längsten bei uns dialysiert wird und ist heute noch funktionsfähig). Die durchschnittliche Laufzeit liegt durch diese eine sehr lange Laufzeit bei insgesamt wenigen Shunts dieser Art naturgemäß recht hoch mit 16,5 Monaten, siehe Tabelle 9.

| Unter-<br>schenkel-<br>shunts | Laufzeit<br>minimal | Laufzeit<br>maximal | Laufzeit<br>Durchschnitt |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
|                               | 2 Tage              | 65 Monate           | 16,5 Monate              |

Tab. 9

Die Laufzeit der Unterschenkelshunts durch End-zu-End-Verbindung der Art. tibialis posterior mit der Vena saphena magna

#### 5.3.6.2. Die Frühthrombosen.

Zur Frühthrombose kam es bei 7 Shunts nur einmal, nämlich am zweiten postoperativen Tag.

#### 5.3.6.3. Die Spätthrombosen.

Zu Spätthrombosen kam es fünfmal bei 7 Shunts entsprechend 71 %. Diese Thrombosen ereigneten sich 17 Tage, 2 Monate, 7 Monate und 17 und 24 Monate postoperativ.

#### 5.3.6.4. Synopsis von Früh- und Spätthrombosen.

Insgesamt kam es bei 7 Shunts zu 6 Thrombosen, die alle zum Verlust der Shuntfunktion führten. Diese entspricht einem Prozentsatz von 85 %. Diese Zahl ist sehr hoch, aber dennoch sollte dieser Operationsweg bei

Patienten mit häufigen Shuntkomplikationen erwogen werden. Die Berechtigung dieser Maßnahme zeigte sich alleine in der Laufzeit dieses einen Shunts von 65 Monaten. 2 weitere Unterschenkelshunts zeigten mit einer Laufzeit von 24 Monaten und 17 Monaten ebenfalls eine überdurchschnittliche Laufzeit, ehe sie endgültig thrombosierten.

#### 5.3.7. Der Oberschenkelshunt.

Einmal wurde ein Oberschenkelshunt durchgeführt und zwar als Seit-zu-End-Anastomose der Arteria femoralis superficialis mit der Vena saphena magna. Dieser Shunt erreichte lediglich eine Laufzeit von 10 Tagen. In dieser Zeit war es zur Ausbildung eines Aneurysmas direkt hinter der Nahtstelle im venösen Schenkel gekommen. Das Aneurysma wurde reseziert, jedoch kam es 2 Tage danach zu einer Nachblutung infolge Infektion des Shuntbereichs, so daß der Shunt nach einmaliger Revision operativ 3 Tage nach Aneurysmaresektion verschlossen werden mußte.

#### 5.3.8. Patienten mit gehäuften Shuntkomplikationen.

Insgesamt ereigneten sich bei 165 Shunts 75 thrombotische Ereignisse. Davon entfielen  $31 = 43\%$  aller Thrombosen auf nur 6 Patienten entsprechend  $5,5\%$  aller Patienten. Hierunter befanden sich 4 weibliche und 2 männliche Patienten. Davon hatte 1 männlicher Patient im Alter von 25 Jahren sehr dünne Gefäße an beiden Armen, so daß letztlich erst ein Unterschenkelshunt, der seit 65 Monaten funktioniert, zum Erfolg führte. Der zweite männliche Patient war 66 Jahre alt und litt an Hypertonie. Ansonsten wies er keine auffälligen Risikofaktoren auf. Von den Patientinnen litt eine an maligner Hypertonie, bei einer wurde histologisch eine erhebliche Phlebosklerose sowie eine Arteriolo- und Arteriosklerose nachgewiesen. Eine weitere Patientin litt an histologisch nachgewiesener Thrombangiitis obliterans. Eine vierte Patientin wies bereits bei der ersten Krankenhausaufnahme noch im Stadium der kompensierten Retention lediglich einen Blutdruck von  $105/70$  mmHg auf. Da der Blutdruck auch später unter der Dialyse und auch außerhalb der Dialysezeiten häufig absank, kann man wohl davon ausgehen, daß diese Hypotonie mit den zahlreichen Shuntverschlüssen (insgesamt 11 thrombotische Verschlüsse bei 7 Shunts) mitverantwortlich ist.

### 5.3.9. Revisionen mit dem Fogarty-Katheter bei Shunthrombosen.

#### 1. Die Anzahl der Revisionen und ihr Zeitpunkt.

Bei 61 Shunts ereigneten sich Thrombosen. Bei 28 dieser Shunts wurde mit der Zielsetzung einer Wiedereröffnung des Shunts eine operative Revision ( Einführen des Fogarty-Katheters nach Hautschnitt und Längsschnitt im venösen Schenkel des Shunts ) versucht, wenn das Verschlußereignis nicht länger als 72 Stunden zurücklag. Dabei konnten 17 Shunts durch 22 Revisionen erfolgreich revidiert werden entsprechend 61 % aller Shunts, bei denen eine Revision versucht wurde. Die früheste erfolgreiche Revision wurde am ersten postoperativen Tage durchgeführt, die späteste 16 Monate nach Shuntanlage.

#### 2. Die Aufschlüsselung von Seit-zu-End- und End-zu-End-Anastomosen.

Die Ergebnisse bei den End-zu-End-Anastomosen (13 erfolgreiche Revisionen bei 18 Shunts, bei denen eine Revision versucht wurde) waren besser als bei den Seit-zu-End-Anastomosen. Hier wurden nur 3 Shunts erfolgreich revidiert von 9 Shunts, bei denen eine Revision versucht wurde. Ein Seit-zu-Seit-Shunt wurde ebenfalls erfolgreich revidiert.

#### 3. Die postoperativen Laufzeiten.

Bei 7 erfolgreich revidierten Shunts kam es später zum endgültigen Verschluß des Shunts durch Thrombose. Die Laufzeiten der Shunts lagen postoperativ zwischen 1,5 und 51 Monaten, siehe Abbildung 36.

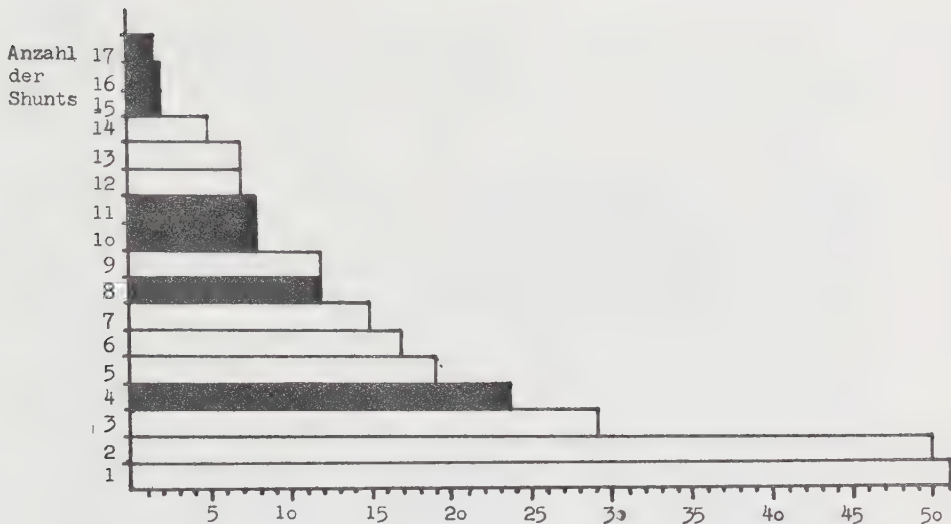


Abb. 36

Laufzeit der Shunts nach Revision

Monate nach  
Revision

Zeichenerklärung:

schwarz = später wieder verschlossen

Die durchschnittliche Laufzeit postoperativ lag bei 15,8 Monaten. 13 Shunts waren einmal revidiert worden, 3 Shunts zweimal und 1 Shunt dreimal.

#### 5.3.10. Seltener Komplikationen.

Von 165 Shunts funktionierten 102 komplikationslos bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes oder zum Tode ihrer Träger. 10 Shunts konnten so revidiert werden, daß auch sie bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes oder zum Tode ihrer Träger komplikationslos funktionierten. Addiert man diese beiden Zahlen, so erhält man 112 Shunts von 165, die keine Neuanlage im Beobachtungszeitraum erforderten entsprechend einem Prozentsatz von 68 %.

5.3.10.1. Ein Unterarmshunt in End-zu-End-Form mußte nach 14 Tagen aufgegeben werden wegen einer lokalen Infektion, die eine Unterbindung des Shunts erforderte.

5.3.10.2. Bei einem End-zu-End-Shunt am Unterarm kam es bei einem Patienten nach einem komplikationslosen Verlauf von 22 Monaten zunächst zu einem leichten Anschwellen der Shunt Extremität während der Dialyse, ohne daß eine Kapazitätsverminderung im Zufluß zum Dialysator festzustellen war. Nach der Dialyse schwell der Arm jeweils wieder ab. Nach einem Verlauf von 24 Monaten kam es dann zu einer recht schnell fortschreitenden hämorrhagischen Infarzierung der Hand in einer Linie, die etwa wie ein Uhrband um das Handgelenk lief. Nach Anlage des Shunts am anderen Unterarm wurde der Versuch unternommen, die vermutete venöse Abflußbehinderung durch Hochlagern des Armes und weitere konservative Maßnahmen zu beseitigen, was bis zum Ende des Berichtszeitraumes nicht gelang. Die Genese dieser Störung ist weiterhin ungeklärt. Der Shunt jedenfalls war bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes funktionsfähig.

5.3.10.3. Eine weitere Komplikation, die allerdings nur im indirekten Zusammenhang mit dem Shunt stand, ereignete sich nach einem freien Venentransplantat auf dem Unterarm. Nach der Operation, bei der die Vena saphena magna am Oberschenkel entnommen wurde, kam es bei stärkerer Belastung als Zeichen einer venösen Insuffizienz zu leichter Schwellung des betroffenen Beines. Der Shunt funktionierte bis Ende des Berichtszeitraums gut.

D

## Diskussion.

Mit Einführung des externen arterio-venösen Shunts durch die Arbeitsgruppe um Quinton und Scribner 1960 (110) wurde eine neue Ära in der Behandlung der terminalen Niereninsuffizienz begründet. In Ermangelung geeigneter Gefäßanschlüsse war trotz technisch gut funktionierender "Künstlicher Nieren" eine Langzeitdialyse bis dahin unmöglich. Da sich jedoch zeigte, daß auch diese Art des Gefäßanschlusses mit zahlreichen Komplikationen wie Thrombosen, Blutungen, Infektionen und Sepsis behaftet war, wurde nach besseren Möglichkeiten für einen Anschluß an den extrakorporalen Kreislauf gesucht. So inaugurierte 1966 die Arbeitsgruppe um Brescia und Cimino den subcutanen arterio-venösen Shunt durch direkte Anastomosierung einer Arterie und einer Vene als dauerhafte Zugangsmöglichkeit zum Gefäßsystem für die Langzeithämodialyse. Diese Shuntform, ursprünglich eine Seit-zu-Seit-Anastomose, wurde als End-zu-End- und Seit-zu-End-Anastomose modifiziert. Nach übereinstimmender Meinung stellt die subcutane Form der Anastomosierung am Unterarm auch heute noch das Verfahren der Wahl dar und hat sich in dieser Form für die Durchführung der Langzeitdialyse bewährt, während der Scribner-Shunt nur noch als Gefäßzugang für die Akutdialyse oder zur Überbrückung der Zeit bis zur Benutzbarkeit eines subcutanen arterio-venösen Shunts benutzt wird. Die Diskussion, welche Anastomosenform primär angelegt werden soll, ist noch nicht entschieden. Gerlach und Lymberopoulos, die sich eingehend mit der Strömung im Bereich einer arterio-venösen Fistel beschäftigt haben, ziehen aus hämodynamischen Gründen (Fehlen der Stagnationsbildung und Bildung von Wirbelgebieten sowie Fehlen einer Strömungsumlenkung) die End-zu-End-Anastomosierung vor (44). Außerdem sei die Shuntvene optimal arterialisiert (94). Dieser Ansicht schlossen sich auch andere Autoren an (91, 104, 109, 124). Als weiterer Grund der für die End-zu-End-Anastomose spricht, wird das Fehlen von Aneurysmen angegeben (44, 60, 79, 100), außerdem die einfache Technik (91, 109), und das Fehlen eines Steal-Syndroms (17, 54). Bahlmann (10) stellte bei einer End-zu-End-Anastomose keine Änderung der Fingerdurchblutung fest. Als weiterer Grund wird auch noch die gute Eignung zur Thrombektomie hervorgehoben (90). Krause (87) zieht die End-zu-End-Anastomose bei sehr kleinen Gefäßen vor. Krupke (88) legt die End-zu-End-Anastomose an, wenn Seit-zu-Seit- oder Seit-zu-End-Anastomosen durch Thrombosen verschlossen sind.

Das Hauptargument gegen die End-zu-End-Anastomose besteht in der Aufhebung der Kontinuität des Gefäßes (124). Brittinger weist darauf hin, daß nach Verschuß eines Radialis-Shunts, der nur kurze Zeit lief, eine End-zu-End-Anastomose der Arteria ulnaris gefährlich sei, da dann die Kollateralen noch nicht genügend erweitert seien. Er selbst habe dabei zweimal schwere Durchblutungsstörungen gesehen. Auch Storey (123) berichtet über arterielle Durchblutungsstörungen, in zwei Fällen sogar über Gangrän. Bahlmann (10) allerdings sah bei einer Untersuchung über End-zu-End-Anastomosen zwar eine Zunahme der Unterarmdurchblutung, die Fingerdurchblutung aber blieb konstant. Zahlreiche andere Autoren, die über End-zu-End-Anastomosen berichten, haben keine arteriellen Durchblutungsstörungen der Hand gesehen, was auch den Erfahrungen der Chirurgischen Klinik am Marienhospital Herne entspricht.

Die Vorteile der Seit-zu-Seit-Anastomose liegen einmal in der Erhaltung der Kontinuität der Arterie (124) und der einfachen Technik (86). Seyfarth (113) zieht sie aufgrund ihrer guten Revidierbarkeit und geringen Thrombose-rate vor. Auch Junginger (73) zieht die Seit-zu-Seit-Anastomose vor und legt eine End-zu-End-Anastomose nur an, wenn eine spannungslose Adaptation durch eine Seit-zu-Seit-Anastomose nicht möglich ist. Auch Hegglin legt primär nach Möglichkeit Seit-zu-Seit-Anastomosen, unterbindet jedoch bei Gefäßen mit einem Kaliber unter 3 mm das distale Venenende, bei sehr dünnen Gefäßen, wie sie häufig vorliegen, auch das distale Arterienende, um so eine bessere Arterialisierung zu erreichen. Den Vorteilen stehen aber einige gravierende Nachteile gegenüber. Gerlach und Lymberopoulos (44) beschreiben bei experimentellen Untersuchungen im Shuntbereich große Wirbel- und Stagnationsgebiete. Bei erhöhtem peripheren Widerstand kommt es zusätzlich zu einer Strömungsumlenkung, durch die die noch zarte Venenwand zusätzlich von Aneurysmabildungen bedroht ist. Dadurch, daß das Blut in mehrere Venen versackt (45, 88, 109) ist die Arterialisierung unzureichend. Es kommt zu einer kosmetisch störenden Stauung der Handvenen (73) und damit auch zum Handrückenödem (41, 88, 134). Auch kommt es durch retrograden Blutfluß durch den Arcus palmaris zum sogenannten Steal-Syndrom, das Bussel und Mitarbeiter (22) röntgenologisch sowie durch Messung der Daumendurchblutung bei 7 Patienten feststellten, bei denen die Daumendurchblutung der Anastomosenseite nur ein Viertel der Daumendurchblutung der kontralateralen Seite betrug. 6 von diesen 7 Patienten hatten klinische Zeichen arterieller Insuffizienz im Handbereich. Von denselben Autoren wird zur Behebung dieses Steal-Syndroms die Umwandlung in eine End-zu-Seit- oder End-zu-End-Anastomose vorgeschlagen.

Die gleiche Arbeitsgruppe (1) sah bei Seit-zu-End-Anastomosen keine signifikante Beeinträchtigung der Fingerdurchblutung, während de Pena Perez (29, 30) zwar Steal-Syndrome beobachtet, die aber ohne klinische Relevanz blieben, solange die Kollateralen eine ungestörte Funktion zeigten. Dies trat vor allem dann auf, wenn das Venenkaliber größer als das arterielle Kaliber war. Für die Seit-zu-End-Anastomose entscheiden sich viele Autoren (3, 32, 41, 58, 76, 81, 103, 104, 113, 136). Als Gründe hierfür werden angegeben:

1. Die Kontinuität der Arterie (3, 81, 136).
2. Auch weiter voneinander entfernte Gefäße können gut anastomosiert werden (65, 73, 88).
3. Bessere Arterialisierung der Vene als bei Seit-zu-Seit-Anastomosen (3, 88, 94).
4. Auch bei größeren Kaliberunterschieden und dünnen Gefäßen sind Anastomosen möglich (103, 104).
5. Klinisch fehlendes Steal-Syndrom (1, 3, 81).
6. Geringe Komplikationsrate (41, 103, 104, 113).
7. Selten Aneurysmen (siehe Tabelle 10).

Da es mit Ausnahme des klinisch wohl nicht manifest werdenden Steal-Syndroms bei der Seit-zu-End-Anastomose am Unterarm keine Nachteile zu geben scheint, sie aber die wesentlichen Vorteile der Seit-zu-Seit-Anastomose - die Kontinuität der Arterie - mit dem wohl größten Vorteil der End-zu-End-Anastomose - der guten Arterialisierung - verbindet, wurde dieses Verfahren in den letzten Jahren an der Chirurgischen Klinik des Marienhospitals Herne das Verfahren der Wahl. An unserer Klinik fielen durch Thrombose 26,3 % aller Seit-zu-End-Anastomosen gleich 19 von 72 Anastomose am Unterarm aus und 29,4 % aller End-zu-End-Anastomosen = 20 % von 68 Anastomosen. Andere Autoren geben folgende Thromboseraten an: Thompson (129) sah bei 5,3 % von 19 Shunts Thrombosen. Hashmonai (51) allerdings nur bei einem Beobachtungszeitraum von 10 Monaten, gab einen komplikationslosen Verlauf für 14 Seit-zu-End-Fisteln an. Stojan (122) berichtet über 54 Seit-zu-End-Fisteln (ursprüngliche Seit-zu-Seit-Anastomosen, die durch Verschluß des distalen Venenschenkels in Seit-zu-End-Anastomosen umgewandelt wurden), von denen 13 entsprechend 24 % durch Thrombose ausfielen. Seyfarth (113) berichtet über eine Thromboserate von 19,3 % bei Seit-zu-End-Anastomosen. Für End-zu-End-Anastomosen liegen

folgende Angaben vor: Brittinger (16) gab für 23 Anastomosen an, daß alle befriedigend funktionierten. Bei 7 Shunts, die mit dem Nakayama-Gerät hergestellt wurden, sah er in 4 Fällen Frühthrombosen. Sperling (120) gibt für 15 End-zu-End-Shunts 3 Thrombosen entsprechend 20 % an. Heinrich (60) hat 5 von 26 End-zu-End-Shunts durch Thrombosen verloren entsprechend 19 %. Den gleichen Prozentsatz gibt Kessler (79) an. Hehrlein (58) sah bei 21 Patienten in 33 % der Fälle Thrombosen, allerdings wurden diese durch das Nakayama-Gerät hergestellt. Gerlach und Lymberopoulos (44) sahen bei End-zu-End-Anastomosen eine Thromboserate von 20 %, bei Seyfarth (113) lag die Thromboserate bei 36,9 %. An Seit-zu-Seit-Anastomosen am Unterarm wurde an unserer Klinik nur 1 angelegt, die nach zweimaliger erfolgreicher Revision 7 Monate bis zum Tode ihres Trägers funktionierte.

In der Literatur finden sich folgende Angaben über Thromboseraten bei Seit-zu-Seit-Anastomosen am Unterarm: Hauptmann (52) gibt für 62 Seit-zu-Seit-Anastomosen eine Thromboserate von 33 % an, Hegglin (54) sah bei 70 Seit-zu-Seit-Anastomosen 28 Mal einen Fistelverlust durch Thrombose entsprechend 40 %. Junginger (73) sah bei 37 % Thrombosen in einem Untersuchungsgut über 87 Patienten, während es bei Kessler (79) nur in 4 von 39 Seit-zu-Seit-Shunts = 11 % zu einer Thrombose kam. Auch Streuli (124) sah bei 30 Shunts nur 4 Thrombosen = 13 %. Seyfarth (113) beobachtete bei 153 Seit-zu-Seit-Shunts eine Thromboserate von 22,9 %.

Ohne Angabe des Shunt-Typs sah Enderlin (36) 4 Thrombosen bei 18 Shunts = 22 %, Dutz (34) berichtet über eine Thromboserate von 26 %, während Hübner (65) bei 53 Shunts 13 Komplikationen entsprechend 24 % sah. Meins (97) gibt bei 86 Patienten in 32 % der Fälle Thrombosen an, Andrassy (8) in 23 % der Fälle ohne Colfarit Thrombosen und in 4 % der Fälle mit Colfarit Thrombosen. Müller-Wiefel (104) sah in 17 % Thrombosen.

Frühthrombosen wurden in unserem Patientengut bei End-zu-End-Anastomosen bei 18 von 68 Shunts entsprechend 26,4 % gesehen, nach Revision verblieben 9 endgültig durch Thrombosen verschlossene Shunts = 13,2 %. Bei den Seit-zu-End-Anastomosen sahen wir bei 72 Shunts nur 6 Frühthrombosen = 8,3 %. Nach Revision verblieben noch 5 thrombotische Verschlüsse entsprechend 7 %. Bei anderen Autoren findet man folgende Angaben: Steiner-Adams (121)

gab für End-zu-End-Anastomosen eine Frühthromboserate von 122 % an, während sie bei Seit-zu-End-Anastomosen eine Frühthromboserate von 20,6 % sah. Brittinger beobachtete bei 7 End-zu-End-Anastomosen mit dem Nakayama-Gerät 4 Frühthrombosen entsprechend 57 % (16). Bei Möhring (101) lag die Zahl lediglich bei einer Gesamtzahl von 217 End-zu-End-Anastomosen bei 12, was einer Thromboserate von ca. 5 % entspricht. Für Seit-zu-End-Anastomosen liegen folgende Zahlen vor: Hashmonai (51) gab 0 % an, während Thompson (129) lediglich 5,3 % Frühthrombosen sah. Stojan (122) sah bei 54 Shunts 10 Thrombosen = 18,5 %. Für Seit-zu-Seit-Anastomosen, von der wir nur eine herstellten, liegen die Angaben bei 32,2 % (Hauptmann 52), 15,1 % (Junginger 73) und 32,3 % (Steiner-Adams 121). Ohne Angabe des Shunttyps wurden in der Literatur für Frühthrombosen folgende Werte angegeben: Friedrich (41) 19 %, Krupke (88) 10 %, Meins (97) 9 % und Seyfarth (113) 24 %.

Für Spätthrombosen, die sich in unserem Krankengut im Beobachtungszeitraum von 6 Jahren bei End-zu-End-Anastomosen in 25 %, bei Seit-zu-End-Anastomosen in 22 % der Fälle ereigneten, finden sich in der Literatur folgende Angaben: Steiner-Adams (121) sah in einem Beobachtungszeitraum von 7 Jahren bei Seit-zu-End-Anastomosen eine Spätthromboserate von 34,5 %, für Seit-zu-Seit-Anastomosen eine Rate von 40 % und End-zu-End-Anastomosen eine Rate von 22,2 %. Hegglin (54) sah in einem Beobachtungszeitraum von 3 1/2 Jahren bei Seit-zu-Seit-Anastomosen eine Spätthromboserate von 28,5 %, Junginger (73) in einem Beobachtungszeitraum von 5 Jahren ebenfalls für Seit-zu-Seit-Anastomosen eine Rate von 21,5 %. Stojan (122) gibt für Seit-zu-End-Anastomosen 5,5 % an bei einem Patientengut von 49 Patienten und einem Zeitraum von 297 Behandlungsmonaten. Ohne Angabe des Shunttyps finden sich folgende Angaben: Meins (97) 22,8 % bei einem Beobachtungszeitraum von 6 Jahren und Friedrichs (41) bei einem Beobachtungszeitraum von 5 Jahren 21,8 %.

Die Laufzeiten der Unterarmshunts lagen beim Patientengut der Chirurgischen Klinik des Marienhospitals Herne im Durchschnitt für End-zu-End-Anastomosen bei 12,7 Monaten und für Seit-zu-End-Anastomosen bei 11,3 Monaten. Ein Seit-zu-Seit-Shunt hielt 7 Monate. Die maximale Laufzeit lag für End-zu-End-Shunts bei 62 Monaten, bei Seit-zu-End-Shunts bei 45 Monaten. Dazu wäre allerdings

zu sagen, daß in den ersten Jahren der Shuntoperationen praktisch nur End-zu-End-Shunts angelegt wurden und daß bei den Seit-zu-End-Shunts aufgrund der geringen Thromboserate und der Tatsache, daß sie erst in den letzten 3 - 4 Jahren an der Chirurgischen Klinik des Marienhospitals Herne zunehmend eingesetzt wurden, mit einer weiteren sehr guten Entwicklung dieser Shuntform zu rechnen ist. In der Literatur finden sich bezüglich der Laufzeiten folgende Angaben: Steiner-Adams (121) sah bei End-zu-End-Anastomosen eine durchschnittliche Laufzeit von 3,3 Monaten sowie eine maximale Laufzeit von 16 Monaten, Friedrich (41) bei End-zu-End-Anastomosen einen Durchschnitt von 14,7 Monaten bei einer maximalen Laufzeit von 17 Monaten. Graudins (45) gibt für seine Seit-zu-Seit endständige Anastomose eine durchschnittliche Laufzeit von 9 Monaten bei einer maximalen Laufzeit von 18 Monaten an. Kessler (79) gibt für einen End-zu-End-Shunt eine maximale Laufzeit von 54 Monaten an, Für die Seit-zu-End-Anastomose liegen folgende Vergleichszahlen vor: Steiner-Adams (121) eine durchschnittliche Laufzeit von 9,6 Monaten bei einer maximalen Laufzeit von 34 Monaten, Friedrich (41) eine durchschnittliche Laufzeit von 9,1 Monaten bei einer maximalen Laufzeit von 15 Monaten, Protscher (43) eine durchschnittliche Laufzeit von 12,1 Monaten bei einer maximalen Laufzeit von 24 Monaten. Müller (103) gibt eine maximale Laufzeit für Seit-zu-End-Anastomosen von 24 Monaten an. Für Seit-zu-Seit-Anastomosen liegen folgende Angaben vor: Brescia (14) gab eine durchschnittliche Laufzeit von 9,2 Monaten an, Steiner-Adams (121) sah eine durchschnittliche Laufzeit von 9,1 Monaten bei einer maximalen Laufzeit von 62 Monaten, Friedrich (41) eine durchschnittliche Laufzeit von 15,5 Monaten bei einer maximalen Laufzeit von 61 Monaten. Junginger (73) sah eine durchschnittliche Laufzeit von 7,1 Monaten bei einer maximalen Laufzeit von 38 Monaten. Weitere Angaben für maximale Laufzeiten finden sich in der Literatur bei Cohn (24), der 66 Monate angibt und Hegglin (54), der 44 Monate angibt. Ohne Angabe des Shunttyps fanden sich noch folgende Angaben über maximale Laufzeiten: Seyfarth (113) 8 Jahre, Krupke (88) 55 Monate und Lymberopoulos (94) 35 Monate.

Aneurysmen wurden in unserem Krankengut, bei dem am Unterarm lediglich eine Seit-zu-Seit-Anastomose hergestellt wurde, nicht gesehen. Eine Übersicht über die Anzahl der Aneurysmen in Bezug zum Shunttyp ergibt die folgende Tabelle 10 :

| Autor                | Shunttyp<br>mit Anzahl der Shunts | Prozent-<br>satz der<br>Aneurysmen |
|----------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Marienhospital Herne | 68 EE                             | 0 %                                |
| Möhring (101)        | 217 EE                            | 0 %                                |
| Sperling (120)       | 15 EE (Nakayama-Gerät)            | 0 %                                |
| Kessler (79)         | 83 EE                             | 0 %                                |
| Heinrich (60)        | 26 EE                             | 0 %                                |
| Gerlach (44)         | 81 EE                             | 0 %                                |
| Steiner-Adams (121)  | 9 EE                              | 0 %                                |
| Friedrich (41)       | 7 EE                              | 0 %                                |
| Seyfarth (113)       | 103 EE                            | 5,8 %                              |
| Hehrlein (58)        | 21 EE (Nakayama-Gerät)            | 23 %                               |
| Marienhospital Herne | 72 SE                             | 0 %                                |
| Steiner-Adams (121)  | 29 SE                             | 0 %                                |
| Friedrich (41)       | 16 SE                             | 0 %                                |
| Müller (103)         | 52 SE                             | 0 %                                |
| Kessler (79)         | 4 SE                              | 0 %                                |
| Seyfarth (113)       | 124 SE                            | 6,5 %                              |
| Kessler (79)         | 39 SS                             | 0 %                                |
| Friedrich (41)       | 18 SS                             | 5,5 %                              |
| Steiner-Adams (121)  | 235 SS                            | 1,3 %                              |
| Seyfarth (113)       | 153 SS                            | 9,8 %                              |
| Stojan (121)         | 49 SS                             | 5,5 %                              |
| Streuli (124)        | 30 SS                             | 3,3 %                              |

Aus den vorausgehenden Ergebnissen geht hervor, daß die Resultate der Chirurgischen Klinik des Marienhospitals Herne durchaus einem Vergleich mit anderen Angaben in der Literatur standhalten im Hinblick auf die Laufzeiten, die Thromboserate und die Zahl der Aneurysmen. In unserem Krankengut wie auch in anderen Literaturangaben (28, 43, 45, 54, 73, 79, 91, 113, 121, 122) fand sich eine starke Häufung der thrombotischen Komplikationen in der ersten postoperativen Zeit, wobei sowohl die Allgemeinrisikofaktoren wie Hypotonie, Arteriosklerose, Alter und Geschlecht eine Rolle spielen, wie auch die Erfahrung und das Geschick des Operateurs. Läuft ein Shunt erst einmal gut über 1 Monat, so ist ein Thromboserisiko nur noch gering einzuschätzen.

Weil die Seit-zu-End-Anastomose offensichtlich die Vorteile der Seit-zu-Seit-Anastomose mit denen der End-zu-End-Anastomose verbindet und auch wegen der guten Ergebnisse in unserem Krankengut und bei anderen Autoren, die die Ergebnisse der Seit-zu-Seit-, End-zu-End- und Seit-zu-End-Anastomosen vergleichen, wird bei uns die Seit-zu-End-Anastomose in letzter Zeit zur primären Shuntanlage bevorzugt. Allerdings muß gesagt werden, daß sich auch aufgrund der Zahlen, die sich in der Literatur fanden, auch offensichtlich die beiden anderen Shunttypen zur Anlage von arterio-venösen Shunts für die Hämodialyse eignen.

In der Literatur herrscht weitgehend Einigkeit über die Tatsache, daß zunächst alle Möglichkeiten der Shuntanlage am Unterarm einschließlich des Ulnarisshunts sowie der Venentransposition der Vena basilica ausgeschöpft werden sollten. Die zunehmende Zahl der Problempatienten (Diabetiker, hohes Alter, zahlreiche thrombosierte Unterarmshunts) erfordern Alternativlösungen. So wird von einigen Autoren über bis zu 20 Shuntoperationen bei einem Patienten berichtet (52, 54, 76, 113). Nach Edel (35) liegt der Prozentsatz der Patienten, bei denen eine konventionelle Anlage von arterio-venösen Shunts nicht mehr möglich ist, von Zentrum zu Zentrum unterschiedlich. An Zahlenangaben finden sich bei ihm in West-Berlin ein Prozentsatz von 13 % und in München ein Prozentsatz von 19 %.

So werden von einigen Autoren Ellenbeugenfisteln als Alternativlösungen durchgeführt (28, 87, 121). Andere erwägen Unterschenkelshunts zwischen der Arteria tibialis posterior und Vena saphena (3, 18, 34, 37, 109). Seltener wird ein Oberschenkelshunt als sekundärer Gefäßzugang vorgeschlagen (Enderlin 36). Zahlreiche Autoren haben gute Erfahrungen mit Venentransplantaten am Arm und ziehen diese Möglichkeit als sekundären Gefäßzugang vor (11, 34, 57, 64, 68, 73, 88, 101, 104, 124, 132). Weitere Möglichkeiten bestehen in der Oberarmfistel (11, 73, 98, 101, 119, 121, 139). Danach finden sich weitere Möglichkeiten am Oberschenkel als Seit-zu-End-Anastomose der Vena saphena mit der Arteria femoralis (73, 87, 109, 121) oder als Seit-zu-End-Anastomose mit der Arteria poplitea (28, 121). Seltener wird die Vorverlagerung der Arteria femoralis superficialis (15) oder ein Saphena-Bypass zur Arteria femoralis (60) vorgeschlagen. In neuester Zeit machen weitere Alternativlösungen von sich reden, und zwar die alloplastischen Materialien das Sparks-Mandril (77, 118) und die PTFE-Prothese (102). In letzter Zeit tritt auch zunehmend die xenogene bovine Kollagen-Prothese in den Vordergrund. Die zuletzt genannten Verfahren zu Anlage arterio-venöser Fisteln treten vor allem in Konkurrenz zu freien Saphena-Transplantaten. Über gute Erfahrungen, vor allem mit der Kollagen-Prothese berichten zahlreiche Autoren, so daß Hoffnung besteht, eine echte Alternative zum Venentransplantat zu finden (9, 35, 72, 74, 133, 137, 139).

An unserer Klinik wurden als Ausweichoperationen folgende Verfahren durchgeführt:

1. Ellenbeugenshunts.

Diese Shuntform bewährte sich sehr gut in unserem Krankengut. Bei einer durchschnittlichen Laufzeit von 14,6 Monaten und einer maximalen Laufzeit von 48 Monaten. Außerdem war die Frühthromboserate sehr gering mit 14,3 % = 1 von 7 Shunts. Von 3 Spätthrombosen konnte eine erfolgreich beseitigt werden, so daß 3 von 7 Shunts funktionsfähig blieben. Bei den 5 Seit-zu-End-Shunts durch Verbindung der Arteria brachialis mit einer Nachbarvene liegen die Verhältnisse ähnlich günstig. Die durchschnittliche Laufzeit lag bei 11,9 Monaten, die maximale Laufzeit bei 26 Monaten. 2 von 5 Shunts blieben letztlich funktionsunfähig. Aneurysmen wurden in keinem Fall gesehen, auch keine Nachblutungen oder Infektionen, die zur Aufgabe

des Shunts oder zur Revision gezwungen hätten. Zu Zeichen arterieller Minderdurchblutungen oder einer manifesten Herzinsuffizienz durch zu großes Shuntvolumen kam es nicht. Krause (87) berichtet über 16 Fisteln, die in der Ellenbeuge angelegt wurden, von denen 8 in Funktion sind. Steiner-Adams (21) berichtet über 24 Seit-zu-Seit-Anastomosen in der Ellenbeuge, von denen 15 von 24 Thrombosen betroffen waren, und 10 weiter funktionieren. Es wurde eine durchschnittliche Laufzeit von 7,3 Monaten erreicht. Eine maximale Laufzeit betrug 28 Monate. Bei den Seit-zu-End-Shunts gibt die Autorin für 6 Shunts eine Laufzeit von durchschnittlich 10 Monaten und eine maximale Laufzeit von 20 Monaten an. 3 von diesen Shunts fielen durch Thrombosen endgültig aus. Bei den End-zu-End-Anastomosen, bei denen 3 von 3 thrombosierten, wurde nur eine durchschnittliche Funktionsdauer von 1,5 Monaten bei einem Maximum von 3 Monaten angegeben. Denecke (28) gab eine maximale Laufzeit für 31 Ellenbeugenshunts in Seit-zu-Seit-Form von 4 Monaten an bei einer Thromboserate von über 30 % in den ersten 14 Tagen. Bei 24 Seit-zu-End-Anastomosen sah er keine Frühthrombosen. Bauer (11) gibt für Seit-zu-End-Anastomosen zwischen der Arteria brachialis und der Vena basilica mit Vorverlagerung eine maximale Laufzeit von 27 Monaten an und sah 3 Thrombosen bei 12 Fällen. Junginger (73) berichtet über 2 Shunts, von denen 1 funktionsfähig für 4 Monate blieb. Zebe (139) sah bei dieser Fistelart keine Thrombose bei 6 Shunts. Auch Möhring (101) berichtet über gute Erfahrungen, sah aber auch in 3 von 17 Fällen ein klinisch relevantes Steal-Syndrom sowie sehr hohe Shuntvolumina. Brittinger (18) sah 2 schwere Durchblutungsstörungen des Unterarms und schlägt statt einer Seit-zu-End-Fistelung der Arteria brachialis eine End-zu-End-Fistelung mit der proximalen Arteria radialis vor.

## 2. Die freien Venentransplantate.

Ein freies Venentransplantat der Vena saphena magna auf den Unterarm wurde an der Chirurgischen Klinik des Marienhospitals Herne dreimal ausgeführt, und zwar jeweils in Schlingenform zwischen Arteria radialis oder Arteria brachialis mit der Vena cephalica oder Vena basilica. Es wurde eine durchschnittliche Laufzeit von 8,2 Monaten erreicht und ein Laufzeitmaximum von 14 Monaten. Zu Frühthrombosen kam es nicht. 1 Shunt thrombosierte irreversibel nach 10 Monaten. In der Literatur fanden sich folgende Angaben:

Steiner-Adams (121) berichtete über 6 freie Venentransplantate auf den Unterarm, die eine durchschnittliche Laufzeit von 3,9 Monaten bei einer maximalen Laufzeit von 8,5 Monaten erreichten. Von den angelegten Shunts thrombosierten 4, allerdings keiner in der ersten Woche postoperativ. Hampl (49) legte 9 Venentransplantate an, davon 7 in Schlingenform. Die durchschnittliche Laufzeit betrug 8,4 Monate, die maximale 24,5 Monate. Insgesamt ereigneten sich 5 Thrombosen. Hegglin (54) erreichte bei 12 Venentransplantaten eine maximale Laufzeit von 38 Monaten. 10 dieser Shunts funktionierten noch. Aueh Hehrlein (57) erreichte gute Ergebnisse (von 4 Shunts funktionieren noch 4 bei einer maximalen Laufzeit von 11 Monaten). Hollinger (64) erreichte bei 21 Venentransplantaten einen komplikationslosen Verlauf bei 12 Shunts. Junginger (73) sah bei 6 Venentransplantaten 2 Frühthrombosen und 1 Spätthrombose. Thelen (126) berichtete über 20 Venentransplantate und erreichte eine maximale Laufzeit von 12 Monaten. Denecke (28) erreichte eine durchschnittliche Laufzeit von 7 Monaten bei 21 Shunts. Die maximale Laufzeit betrug 25 Monate. Krause (87) legte 16 Venentransplantate an, von denen 9 noch funktionieren. Schlechte Erfahrungen machte Brittinger (18). Er sah einen dauerhaften Erfolg nur bei 25 % der Shunts.

### 3. Die Bovine Kollagen-Prothese.

Im Berichtszeitraum wurde am Marienhospital Herne bei einer Patientin eine Kollagen-Prothese in Schlingenform am Unterarm angelegt. Bis zum Ende des Berichtszeitraumes funktionierte dieser Shunt gut für die Dauer von 2 Monaten. Nach dem Berichtszeitraum wurden weitere Shunts unter Zuhilfenahme der bovinen Kollagen-Prothese angelegt. Von anderen Autoren liegen folgende Angaben vor: Vanderwerf (133) berichtet über Shunts mit bovinen Kollagen-Prothesen bei 100 Patienten, die sowohl am Unterarm wie auch am Oberschenkel in Schlingenform angelegt wurden. Insgesamt versagten die Shunts lediglich bei 13 Patienten. Ursachen für den Shuntverlust waren siebenmal eine irreversible Thrombosierung, fünfmal eine Infektion und einmal eine Blutung. Einige Patienten sind bereits über 3 Jahre Träger einer solchen Prothese. Zinke (140) berichtet über 28 Prothesen, die bis 28 Monate funktionierten und zwar im Durchschnitt 18,5 Monate. Auch hier waren die Schlingen am Unterarm und am Oberschenkel angelegt. Von 10 Armfisteln mußte eine Fistel nach Infektion entfernt werden, 5 nach Thrombose. Von 18 Shunts am

Oberschenkel funktionieren noch 14. Ein Shunt mußte wegen eines Steal-Syndroms aufgegeben werden, 3 verloren ihre Funktion nach einer Infektion. Kemkes (74) berichtet über 41 Shunts durch Rinderearotiden, die 33-mal am Arm und 8-mal am Bein angelegt wurden. 3 Prothesen verloren ihre Funktion durch ein mykotisches Aneurysma, Infektion und Blutung. 7-mal kam es zu Thrombosen, von denen 3 irreversibel waren. Die maximale Laufzeit lag bei 7 Monaten bei gleichem Beobachtungszeitraum.

Weitere Ergebnisse liegen vor von folgenden Autoren: Walter (137) legte 15 Shunts an, davon 11 am Oberschenkel und 4 am Unterarm. Lediglich 2 Shunts versagten. Von Baeyer (9) berichtet über 25 Patienten, bei denen 18 Shunts erfolgreich waren und 7 entfernt werden mußten, und zwar wegen Infektion in 5 Fällen, in einem Falle wegen Herzbelastung bei bereits bestehendem Mitralvitium, 6-mal konnten Thrombosen erfolgreich mit einem Fogarty-Katheter entfernt werden. Edel (35) berichtet über 40 Shunts, von denen lediglich 7 ausfielen entsprechend 17,5 %, und zwar 4 durch Thrombose, 1 durch Blutung, 1 durch Infektion und 1 durch Aneurysma. Hirschfeld (62) berichtet über Shunts mit Kollagen-Prothesen bei 17 Patienten, von denen 14 komplikationslos verliefen. 3 Shunts verloren ihre Funktion, davon 2 durch Infektion.

Wegen der teilweise sehr guten Erfolge dieser Shunts, die in Konkurrenz treten zum freien Venentransplantat, wird die bovine Kollagen-Prothese von Edel (35) dem freien Venentransplantat vorgezogen. Als Vorteile der bovinen Kollagen-Prothese werden in der Literatur genannt:

1. die sofortige Punktionsmöglichkeit (9, 35, 62, 133),
2. die einfache und schmerzarme Punktionsmöglichkeit (9, 35, 62, 133),
3. die einfache und erfolgreiche Revidierbarkeit (35, 62, 133).

Als weitere Vorteile werden die im Vergleich zum Venentransplantat leichtere und kürzere Operation sowie der Erhalt der Vena saphena für die Coronarchirurgie genannt (35, 133).

Eine weitere Alternative besteht neuerdings in der Benutzung der PTFE-Prothesen. Dieses Verfahren kam an der Chirurgischen Klinik des Marienhospitals Herne allerdings erst nach Ablauf des Beobachtungszeitraums zur Anwendung. Mohaideen (102) sah bei 24 Shunts dieser Art, davon 21 am Oberschenkel

und 3 am Unterarm, eine zufriedenstellende Funktion. Er verglich seine eigenen Erfahrungen mit bovinen Grafts und hob dabei das Fehlen von Aneurysmen hervor, die er bei Hypertonikern mit bovinen Grafts in 20 % der Fälle sah. Johnson (71) berichtete über 66 Patienten, bei denen sich 9 Thrombosen, 2 falsche Aneurysmen und 3 Infektionen als Komplikationen einstellten. Jenkins (70) berichtet über 6 PTFE-Shunts am Unterarm, von denen 1 wegen Infektion ausfiel, der andere wegen des Todes des Patienten bei offenem Shunt. Die anderen wurden zum Berichtszeitraum noch punktiert.

Bezüglich des Sparks-Mandrill, das eine weitere Möglichkeit zur Anlage von arterio-venösen Shunts darstellt, verfügen wir über keinerlei eigene Erfahrungen. Jedenfalls zieht Kemkes (77), der über eigene Erfahrungen mit bovinen Grafts und Sparks-Mandrill verfügt, die bovinen Grafts vor. Er legte 87 Sparks-Mandrills, von denen 26 bereits angeschlossen wurden. Von diesen haben 10 ihre Funktion bereits verloren, und zwar 4-mal wegen Thrombose, 3-mal wegen Infektion und 2-mal wegen Ausriß einer Nahtstelle, 1-mal konnte die Prothese nicht anastomosiert werden, weil das Präparat demarkiert war. Als Nachteil gilt vor allem die Wartezeit von 6 - 8 Wochen bis zur Einheilung, die für einen Shunt notwendige zweimalige Operation mit der doppelten Infektionsgefahr, die schwierige Punktierbarkeit sowie ein Hautdekubitus über den scharfen Ecken des Mandrills. Andere lehnen diesen Shunt ab. So beobachtete Wack (136) die Bildung von echten Aneurysmen sowie röntgenologisch spikulären Austritt von Kontrastmittel in die Umgebung. Dies führe innerhalb von 3 - 4 Monaten in 30 % der Fälle zu einem infizierten Hämatom. Kessel (78) gibt als Ablehnungsgrund die Häufigkeit der Shuntinfektion sowie die Unmöglichkeit der Hämodialyse an. Auch Seyfarth (113) zieht die bovine Kollagen-Prothese dem Sparks-Mandrill vor.

#### 4. Die Unterschenkelshunts.

An der Chirurgischen Klinik des Marienhospitals Herne wurden insgesamt 7 Shunts am Unterschenkel durch End-zu-End-Verbindungen der Arteria tibialis posterior mit der Vena saphena magna hergestellt. Die durchschnittliche Laufzeit dieser Shuntart ist mit 16,5 Monaten die höchste in unserem Krankengut, bedingt durch eine extrem lange maximale Laufzeit von 65 Monaten

(der Shunt ist jetzt noch funktionsfähig) bei relativ niedriger Gesamtzahl der Shunts. 6 dieser 7 Shunts thrombosierten endgültig. Immerhin zeigten 2 weitere Shunts überdurchschnittliche Laufzeiten mit 17 und 24 Monaten. Die Ausbildung einer Varikosis wurde in unserem Krankengut nicht gesehen.

Steiner-Adams (121) gab für 4 Unterschenkelshunts eine durchschnittliche Laufzeit von 5,9 Monaten an, bei einer maximalen Laufzeit von 12 Monaten. Allerdings waren hier die Shunts in Seit-zu-End- oder Seit-zu-Seit-Form angelegt worden. Dutz (34) konnte bei 2 Patienten, bei denen zahlreiche Shunts mit schlechten Ergebnissen angelegt wurden, erst durch eine Anlage eines Unterschenkelshunts eine Dialyse wieder ermöglichen. Brittinger (18) schlägt bei unbrachbaren Venen am Unterarm, die er in 3 % der Fälle fand, eine primäre Shuntanlage am Unterschenkel zwischen Arteria tibialis posterior und Vena saphena magna vor. Derselbe Autor (17) berichtet darüber, daß in seinem Krankengut 7 Patienten über die Tibialis-posterior-Shunts dialysiert werden, ohne daß sich die von Junginger (73), Streuli (124) und Faris (37) gefürchtete Varikosis herausgebildet hätte. 1 Shunt funktioniert gut seit 4 Jahren. Allerdings gibt er, wie auch Heinze (61) an, daß die Punktion deutlich schmerzhafter ist als am Unterarm. Albert (3) berichtet über einen Patienten, bei dem ein gut punktierbarer Shunt am Unterschenkel hergestellt wurde. Lymberopoulos (94) gibt an, 6 Shunts am Unterschenkel angelegt zu haben. Streuli (124) mußte 1 Unterschenkelshunt wegen Ausbildung eines Ulcus cruris revidieren.

Diese Ergebnisse zeigen, daß der Unterschenkelshunt durchaus in der Lage ist, auch für längere Zeit eine Hämodialyse zu ermöglichen, wo andere Shuntformen versagt haben.

##### 5. Die Oberschenkelshunts.

An der Chirurgischen Klinik des Marienhospitals Herne wurde lediglich 1 Oberschenkelshunt angelegt, bei dem es in der Frühphase zur Ausbildung eines Aneurysmas kam. Nach Resektion des Aneurysmas kam es zu einer durch Wundinfektion hervorgerufenen Nachblutung, so daß der Shunt 14 Tage nach der

Anlage wieder verschlossen werden mußte. Enderlin (36) berichtet über sehr gute Erfolge bei 8 Shunts, die er zwischen Arteria femoralis und Vena saphena am Oberschenkel mit Subcutanverlagerung der Vena saphena anlegte. Bei 8 Shunts sah er in Zeiträumen bis zu 12 Monaten keine Thrombose und lediglich 1 Infektion. Trotz hoher Shuntvolumina sah er keine manifeste cardiale Insuffizienz, obwohl das HMV bei einer Patienten sogar 19 Liter pro Minute betrug.

Erfahrungen über einen Shunt zwischen Arteria poplitea und Vena saphena magna liegen vor von Denecke (28), der 9 Shunts anlegte, aufgrund seiner Ergebnisse aber das Venentransplantat vorzieht und von Steiner-Adams (121), die bei 2 von 5 Shunts Thrombosen sah und eine durchschnittliche Laufzeit von 3,4 Monaten bei einer maximalen Laufzeit von 6 Monaten erreichte.

Als Nachteile werden vorwiegend die Gefahr der myocardialen Dekompensation durch extrem hohes Shuntvolumen genannt (18, 36, 43, 109) sowie die am Oberschenkel bestehende größere Infektionsgefährdung (73). Zusammenfassend kann man sagen, daß der Oberschenkelshunt zwar bei Problempatienten eine Möglichkeit zur Shuntanlage darstellt, die jedoch aufgrund der Tatsache, daß man zentrale Arterien schonen sollte, möglichst lange hinausgezögert werden sollte.

#### 6. Die arterio-arteriellen Gefäßanschlüsse.

Brittinger (16) stellte ein shuntfreies Dialyseverfahren vor, das bei Problempatienten unter Vermeidung einer HMV-Erhöhung noch die Anlage eines extrakorporalen Kreislaufs ermöglichte, dadurch, daß er die Arteria femoralis superficialis subcutan verlagerte und punktierte. Gute komplikationsarme Verläufe gab er bei 18 Patienten an. Er fand lediglich bei 1 Patienten Schmerzen im Fuß während der Dialyse, bei 1 Schmerzen in der Infusionsstelle und bei 1 ein Hämatom. 1975 gab Brittinger (17) an, bei 1 Patienten bereits seit 7 Jahren nach diesem Verfahren zu punktieren. Andere Autoren lehnen diese Shuntform ab (60, 81, 101, 109, 121, 122). Als Gründe geben die Autoren schlechte eigene Erfahrungen mit dieser Shuntform an, wie schwere Punktierbarkeit, massive Hämatome, multiple Aneurysmen an den Punktionsstellen und arterielle Durchblutungsstörungen. Köhl (81) mußte aufgrund arterieller Durchblutungsstörungen bei der Vorverlagerung der Arteria femoralis superficialis eine Amputation durchführen. Außerdem besteht am Oberschenkel immer eine erhöhte Infektionsgefahr. In jedem Fall sollte einer Vorverlagerung der Arteria femoralis superficialis eine Arteriographie vor-

ausgehen, in der die Stenosierung der Arteria femoralis profunda ausgeschlossen werden sollte (Denecke 28). Zur Vermeidung schwerer arterieller Durchblutungsstörungen geben Rumpf, Heinrich, Denecke und Steiner-Adams (28, 60, 109, 121) den Saphena-Bypass zur Arteria femoralis superficialis an.

Zusammenfassend schlagen wir folgendes Vorgehen bei Unmöglichkeit eines Unterarmshunts vor: Zunächst der Versuch eines Ellenbeugenshunts. Sollte auch dieser Versuch scheitern, kämen als Alternativlösungen Venentransplantate auf den Unterarm oder ein Unterschenkelshunt in Frage, wobei noch zu prüfen wäre, ob nicht angesichts der guten Erfolge mit bovinen Kollagen-Prothesen diese auch aufgrund der einfacheren und kürzeren Operation sowie des Erhaltenbleibens der Vena saphena magna in situ nicht der Vorzug vor dem Venentransplantat gegeben werden sollte. Die Versuche mit dem neuen Material PTFE als Alternative stecken noch in den Anfängen. Erst nach Erschöpfung dieser Möglichkeiten neigen wir dazu, einen Oberschenkelshunt anzulegen, was ja beidseits möglich ist, wenn man am Arm ein bovines Graft verwendet.

#### Die Thrombosen und ihre Ursachen.

In allen zur Verfügung stehenden Literaturstellen war die Shuntthrombose mit Abstand die häufigste Ursache für das Versagen eines Shunts. Hierbei unterscheidet man Frühthrombosen, die in den ersten 14 Tagen postoperativ auftreten (7, 28, 121) und Spätthrombosen. Als auslösende Ursachen für die Frühthrombosen werden angesehen: Operationstechnische Fehler (73, 75). Nach Junginger (73) haben ein Drittel aller Frühthrombosen ihre Ursache in Operationsfehlern wie zu kleine Anastomose, Venentorsion, ungenügende Mobilisation, Kinking = Schleifenbildung bei zu lang gewählter Vene, Fassen der Gegenseite bei der Naht, zu rechtwinkliger Abgang einer Seit-zu-End-Anastomose oder zu spitzwinkliger Abgang. Bei falschem Anschrägen einer Vene kann es auch bei der Seit-zu-End-Anastomose zu einer Abknickung des Venenschenkels kommen. Weitere Ursachen bestehen in einer Verminderung des arteriellen Blutstroms, vor allem bedingt durch Arteriosklerose (35, 52, 73, 75). Seyfarth (113) sah bei 2 Kontrollgruppen, von denen eine arteriosklerotische, die andere aber einwandfreie Gefäße hatte, in der Gruppe mit Gefäßveränderungen in 38 % eine schlechte Fistelfunktion und in der anderen Gruppe lediglich bei 18 %. Auch in unserem Krankengut zeigte die Patientengruppe über 45 Jahre, bei der arteriosklerotische Veränderungen in höherem Maße zu erwarten sind als bei jüngeren Patienten, eine deutlich kürzere Laufzeit ihrer Shunts als die Vergleichsgruppe unter 45 Jahren. Die entsprechenden Laufzeiten lagen

bei 10,2 Monaten bzw. bei 15 Monaten bei einer allgemein durchschnittlichen Laufzeit von 12 Monaten. Ein weiterer "Risikofaktor" ist nach unseren Erfahrungen das weibliche Geschlecht, daß eine deutlich schlechtere Prognose bezüglich des Shunts zeigt als Männer, vermutlich aufgrund der von vornherein bestehenden hypoplastischen Gefäße. So sahen wir in der Gruppe der Frauen, die 60 % unseres Patientengutes stellten, eine deutlich verkürzte Shuntlaufzeit bei den Frauen mit 9,2 Monaten gegenüber 13,9 Monaten bei den Männern. Bei den männlichen Patienten kamen 77,3 % aller Patienten mit 1 Shunt aus, während bei den Frauen lediglich 66,6 % mit 1 Shunt ausreichend versorgt waren. Andererseits benötigten lediglich 13,6 % der Männer 2 Shunts, während 25,8 % aller Frauen 2 Shunts brauchten. Diese Beobachtung deckte sich mit der von Andrassy (8), der in einer Gruppe von 22 Frauen 7-mal Thrombosen sah, in der Männergruppe aber nur 4 bei 25 Patienten. Berichte über ähnliche Erfahrungen liegen vor von Hölztein (63), Müller (103), Brittinger (16) und Krause (87).

Nach Aussage zahlreicher Autoren kommt aber auch der Hypotonie sowohl bei der Früh- als auch bei der Spätthrombose eine erhebliche Rolle zu (3, 41, 52, 73, 75, 79, 87, 91, 94, 122, 140). Hauptmann (52) und Friedrich (41) sahen als unterste Grenze systolische Blutdruckwerte von 110 bis 120 mmHg an. Andrassy (8) ließ sogar alle Antihypertensiva weg, soweit sie nicht durch kritisch klinische Situationen absolut erforderlich waren. Auch Hypovolämie und hoher Hämatokrit (75), wie sie oft während und nach der Hämodialyse auftreten, werden als Ursachen genannt. Ein weiterer Umstand, der sich fördernd auf die Thrombosen auswirkt, sind die durch zahlreiche Venenpunktionen bei den meist chronisch Kranken bestehenden Venenveränderungen, die keinen ausreichenden Abfluß mehr zulassen. Die Spätthrombosen entstehen meist durch Intimaläsionen bei der Punktion. Außerdem spielen hierbei eine Rolle die Dehydratation nach Ultrafiltration, der niedrige Blutdruck, zu starke Kompression am Ende der Dialyse (75) sowie perivaskuläre Hämatome nach Fehlpunktion (122).

### Die Behandlung der Thrombose.

Eine Thrombektomie wurde in unserem Krankengut bei 28 Shunts versucht und war in 17 Fällen erfolgreich, und zwar bei 13 von 18 End-zu-End-Shunts, 3 von 9 Seit-zu-End-Shunts und bei 1 Seit-zu-Seit-Shunt. Die Laufzeiten nach Revision betrugen im Durchschnitt 15,8 Monate, maximal 51 Monate. Hiermit stehen wir im Gegensatz zu Seyfarth (113), der bei End-zu-End-Anastomosen schlechte Ergebnisse mit Revisionen hatte. Kessler (79) lehnt eine Revision grundsätzlich ab mit der Begründung, daß man die lokalen Ursachen der Thrombose ohnehin nicht beseitigen könne. Kusche (90) berichtet über ähnlich gute Ergebnisse mit der Thrombektomie bei End-zu-End-Anastomosen wie an unserem Haus. Er konnte bei 45 Thrombektomien mit dem Fogarty-Katheter 50 % der Fälle die Anastomose dauerhaft restituieren, davon 24-mal mit der percutanen Methode. In einem Beobachtungszeitraum von 3 Jahren betrug die maximale Laufzeit nach Revision 33 Monate. Auch Möhring (98) sah bei End-zu-End-Anastomosen gute Erfolge bei der Revision. Kemkes (75) war in 85 % aller Revisionen mit dem Fogarty-Katheter erfolgreich. Lymberopoulos (94) berichtet über 8 Revisionen, von denen 4 erfolgreich waren. Krupke (88) war in 6 von 11 Fällen erfolgreich. Stojan (122) konnte 4 von 11 Fisteln (Seit-zu-Seit-Fisteln mit distaler Unterbindung des venösen Schenkels) erfolgreich revidieren. Auch andere Autoren haben erfolgreiche Revisionen durchgeführt (3, 87, 121). Meins (97) hält eine Revision nur bis zu 24 Stunden nach dem Verschlußereignis für sinnvoll, Lymberopoulos (94) 48 Stunden und Junginger (73) 72 Stunden, während Möhring (98) sogar 6 End-zu-End-Anastomosen, in denen der Verschluß über 3 Jahre bestand, erfolgreich rekanalisieren konnte.

Anhand der eigenen guten Erfolge und der positiven Berichte anderer Autoren halten wir eine operative Revision mit dem Fogarty-Katheter bis zu 72 Stunden nach dem Verschlußereignis für durchaus sinnvoll, zumal keiner der oben angeführten Autoren über eine klinisch feststellbare Lungenembolie berichtete, ein Befund, der sich mit unseren Feststellungen deckt. Auch Kusche (90), der 24-mal percutan thrombektomierte, sah keine Lungenembolie.

Eine weitere Behandlung in der Möglichkeit der Shunthrombose besteht in der Thrombolyse mit Streptase. Köstering (83) veröffentlichte 1972 eine Arbeit, in der die komplikationsfreie Thrombolyse in 4 Fällen gelang, wobei 1 Shunt bereits 19 Tage verschlossen war. Auch Albert (3) berichtet über eine erfolgreiche Thrombolyse. Trotz der Erfolge wird dieses Vorgehen von

anderen Autoren zur Rekanalisierung von Cimino-Shunts abgelehnt und die operative Revision vorgezogen (7, 53, 76), und zwar wegen der lebensbedrohlichen Blutungen im Darmbereich und dem Cerebrum (53). Andrassy (7) spricht von einer Letalitätsrate von 3 bis 4 %. Statt dessen wird eine prophylaktische Gabe von Colfarit<sup>R</sup> empfohlen (7), das durch seinen Einfluß auf die Thrombozytenadhäsivität, die durch Kontakt mit der vorgeschädigten Intima im Bereich der Anastomose gesteigert ist, gute Erfolge in der postoperativen Phase erbrachte. Andrassy (8) konnte die Frühthromboserate von 23 auf 4 % senken durch die Gabe von Colfarit<sup>R</sup>. An Nebenwirkungen sah er in der Placebogruppe und in der Colfaritgruppe eine gleiche Inzidenz von Malaena und Wundhämatom. Magenschmerzen und Epistaxis waren in der Colfarit<sup>R</sup>-Gruppe mit 11 % häufiger als in der Placebogruppe mit 4 %. Auch an der Chirurgischen Klinik des Marienhospitals Herne wurde die überwiegende Zahl der Patienten mit Colfarit<sup>R</sup> behandelt, zumeist in Kombination mit Persantin. Über die Frühthromboserate wurde bereits berichtet.

## Z u s a m m e n f a s s u n g

In dieser Arbeit wird die Problematik der internen arterio-venösen Shunts in der Behandlung der chronischen terminalen Niereninsuffizienz verdeutlicht. An 110 Patienten werden gefäßchirurgische Maßnahmen zur Herstellung und Erhaltung eines arterio-Venösen Shunts zur Langzeitdialyse vor allem in Bezug auf die Haltbarkeit der verschiedenen Shuntformen und ihre Komplikationsrate in Abhängigkeit vom Shunttyp bzw. Operationsverfahren untersucht. Die Untersuchungen erstrecken sich auf einen Beobachtungszeitraum von 6 Jahren (Januar 1971 bis Dezember 1976) an der Chirurgischen Klinik des Marienhospitals Herne. Eine Einführung in die Problematik der intermittierenden Hämodialyse im Hinblick auf Herstellung und Erhaltung eines transplantationsfähigen Zustandes sowie der Möglichkeit bei einer nicht erfolgreichen Transplantation weiterhin durch Hämodialyse behandelt zu werden, wird vorangestellt. Dabei werden die chirurgischen Probleme der internen arterio-venösen Fistel, die sich aus den operationstechnischen Schwierigkeiten und der postoperativen Komplikationsrate einerseits sowie der begrenzten Anzahl verwendbarer Gefäße des urämischen Patienten andererseits ergeben, besondere herausgestellt.

In unserem Patientengut lag bei fast identischem Durchschnittsalter mit ca. 48 Jahren die durchschnittliche Laufzeit der Shunts bei den Männern mit 13,9 Monaten deutlich höher als bei den Frauen mit 9,2 Monaten. Nur 22,7 % der Männer benötigten mehr als 1 Shunt, aber 33,4 % der Frauen.

In Bezug auf das Alter fanden sich bei der Untersuchung unseres Krankengutes ebenfalls deutliche Unterschiede. So ergab sich, daß die durchschnittliche Laufzeit in der Altersgruppe über 45 Jahre mit 10,2 Monaten deutlich unter der Gruppe 45 Jahre und jünger mit 15 Monaten lag.

Die bevorzugte Lokalisation für die Primäranlage eines Shunts war der Unterarm mit 85 % aller Shunts. Davon wurden 48,2 % als End-zu-End-Shunts, 51,1 % als Seit-zu-End-Shunts und 1 als Seit-zu-Seit-Shunt angelegt. Es ergaben sich durchschnittliche Laufzeiten für End-zu-End-Shunts

von 12,7 Monaten, für Seit-zu-End-Shunts von 11,3 Monaten. Die maximale Laufzeit lag für End-zu-End-Shunts bei 62 Monaten, für Seit-zu-End-Shunts bei 45 Monaten. Die thrombotischen Verschlüsse waren bei den Seit-zu-End-Shunts mit 8,3 % Frühthrombosen und 22 % Spätthrombosen seltener als bei den End-zu-End-Shunts, bei denen die entsprechenden Zahlen bei 26,4 % und 25 % lagen. Aufgrund der deutlich niedrigeren Komplikationsrate und der daraus zu erwartenden weiteren guten Entwicklung bei den Seit-zu-End-Shunts wurden diese in letzter Zeit an der Chirurgischen Klinik des Marienhospitals Herne vorgezogen.

Auffällig war in unserem Untersuchungsgut eine deutliche Häufung der thrombotischen Ereignisse im ersten postoperativen Monat und hierin wiederum am ersten postoperativen Tag. Die Behandlung der Thrombose bis zu 72 Stunden nach dem thrombotischen Ereignis durch Thrombektomie mit dem Fogarty-Katheter erwies sich bei der Untersuchung über unser Krankengut als sinnvoll: Von 28 Shunts konnten 17 erfolgreich revidiert werden, und zwar 13 von 18 End-zu-End-Shunts und 3 von 9 Seit-zu-End-Shunts und 1 Seit-zu-Seit-Shunt. So konnten noch Laufzeiten erreicht werden, die sich von der Primäranlage eines Shunts nicht unterschieden.

Konnte kein Unterarmshunt angelegt werden, wurden folgende operative Ausweichverfahren angewandt:

1. Ellenbeugenshunts, wobei die Verbindung zwischen Arteria radialis und Vena cephalica eine längere Laufzeit mit durchschnittlich 14,6 Monaten erreichte, als die Verbindung der Arteria brachialis mit einer benachbarten Vene mit 11,9 Monaten.

2. Die freien Venentransplantate in Schlingenform auf den Unterarm erreichten eine durchschnittliche Laufzeit von 8,2 Monaten.

3. Eine Kollagen-Prothese wurde in Loop-Form auf den Unterarm angelegt und war bei Ende des Beobachtungszeitraumes 2 Monate offen.

4. Die Unterschenkelshunts zwischen Arteria tibialis posterior und Vena saphena magna erreichten eine durchschnittliche Laufzeit von 16,5 Monaten durch die sehr hohe Laufzeit eines Shunts mit 65 Monaten (der Shunt war bis Ende des Beobachtungszeitraumes noch offen) und 2 weitere überdurchschnittliche Laufzeiten mit 17 und 24 Monaten.

5. Ein Oberschenkelshunt mußte nach 10 Tagen wegen Infektion des Shuntbereiches verschlossen werden.

Da bei Dialysepatienten nur eine begrenzte Anzahl von Gefäßen zur Verfügung steht, muß durch planvolles Vorgehen der Verbrauch der Gefäße möglichst lange hinausgezögert werden. Aufgrund der dargelegten Ergebnisse unserer Untersuchungen erweist sich folgendes Vorgehen hinsichtlich der Gefäßtopographie, der Gefäßanschlüsse mit ihren Typen und Lokalisationsvarianten und der verschiedenen gefäßchirurgischen Techniken als zweckmäßig: Zunächst Shuntanlage am Unterarm durch direkte Verbindung einer Arterie und einer Vene, wobei die Seit-zu-End-Form aufgrund der niedrigeren Komplikationsrate vorzuziehen ist. Bei Shuntverschluß erweist sich die Revision mit dem Fogarty-Katheter als erfolgversprechend. Ist ein Unterarmshunt nicht möglich sollte die Anlage des Shunts im Ellenbeugenbereich erfolgen. Danach kommen als Alternativlösungen ein Unterschenkelshunt oder eine Vena saphena-Transplantation auf den Unterarm in Frage, wobei noch geprüft werden muß, ob hier nicht der bovinen Kollagen-Prothese oder auch der PTFE-Prothese der Vorzug gegeben werden sollte.

L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

---

- 1        Abbot, J.A., M.C., J.A.B.  
Blood-flow in end-to-side arteriovenous fistulas  
and saphenous vein-grafts  
Kidney int. 3 ; 342 (1973)
  
- 2        Abel, J.J.  
On the removal of diffusable substances from the circulating  
blood of living animals by dialysis  
J. Pharmacol. Exp. Ther. 5 ; 275 (1914)
  
- 3        Albert, F.W.  
Anschlußmöglichkeiten der künstlichen Niere an den  
intracorporalen Kreislauf  
Kliniker 8 ; 221 (1974)
  
- 4        Alwall, N. u. A.M. Steins  
On the artificial kidney VII, Clinical experiences of  
dialytic treatment of uremia  
Acta med. scand. 132 ; 587 (1949)
  
- 5        Alwall, N.  
Therapeutic and diagnostic problems in severe  
renal failure  
zitiert nach Dittrich, H. Hämodialyse und Peritonealdialyse  
Springer Verlag Berlin 1970
  
- 6        Amgwerd, R. u. Sege, D.  
Unsere ersten klinischen Erfahrungen mit chemisch modifizierten  
heteroplastischen Arterientransplantaten aus Rinder- und Kalbs-  
karotiden  
Schw. Med. Wschr. 105 ; 522 (1975)

- 7        Andrassy, K.  
Nichtchirurgische Maßnahmen beim thrombotischen Verschluss  
von Scribner-Shunt und Cimino-Fistel  
Dialyse - Ärzte - Workshop 1975 Band 2  
herausgegeben von P. Bürger u. G. Schütterle
- 8        Andrassy, K., H.M., H.B., M.C. E.R., H.J., K.M.  
Prevention of p.o. clotting of av Cimino Fistulae  
with Acetylsalicylic Acid.  
Klin. Wschr. 52 ; 348 (1974)
- 9        Baeyer, H.  
Bovines Xenotransplantat der Karotis als Gefäßzugang  
bei Shunt-Komplikationen in der Dauerdialyse  
Med. Welt 47 ; 2276 (1976)
- 10       Bahlmann, J.  
Der Einfluß arterio-venöser Anastomosierung auf die  
Unterarm- und Fingerdurchblutung  
Med. Klinik 70 ; 2031 (1975)
- 11       Bauer, M., W.S., R.H.  
Die Oberarmfistel für die chronische Dialyse  
Deutsche Medizinische Wochenschrift 99 ; 451 (1974)
- 12       Beretta-Piccoli, C., S.G., P.W., C.D.  
Einnadelhämodialyse  
Schweiz. med. Wschr. 105 ; 289 (1975)

- 13 Brech, W.  
in : Franz, H.E.  
Praxis der Dialysebehandlung  
Thieme Verlag Stuttgart 1973
- 14 Brescia, M.J., Cimino, J.E., K.A., B.J.H.  
Chronic hemodialysis using venipuncture and a surgically  
created arterio-venous fistula  
New Engl. J.Med. 275 ; 1089 (1966)
- 15 Brittinger, W.D.  
Shuntlose Hämodialyse durch Punktion der subcutan  
fixierten Arteria femoralis superficialis  
Klin. Wschr. 47 ; 393 (1969)
- 16 Brittinger, W.D., G.E. v.H., W.H., M.S., A.S.  
3 Jahre Erfahrungen mit Shuntoperationen am  
Dialysezentrum Mannheim  
Wissenschaftliche Information Fresenius KG.  
Bad Homburg 1971
- 17 Brittinger, W.D.  
Diskussionsbemerkung  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2  
herausgegeben von P. Bünger und G. Schütterle
- 18 Brittinger, W.D.  
Shuntkomplikationen  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2  
herausgegeben von P. Bünger und G. Schütterle

- 19      Brown, J.J., R.F., A.F.L.  
Plasma renin concentration and the control of blood  
pressure in patients on maintenance hemodialysis  
Nephron 6 ; 329 (1969)
- 20      Brunner, F.P., B.G., H.J.G., C.J., F.M.P., K.S., G.S., G.S., A.J.W.  
Proc. E.D.T.A. 12 (1975)
- 21      Buselmeier, T.J., C.M.K., E.A.S.  
A new subcutaneous arterio-venous shunt applicable even,  
were the standard Quinton-Scribner shunt and A.-V. fistula  
have failed  
Surgery 73 ; 512 (1973)
- 22      Bussel, J.A., J.A.A., R.C.L.  
A radial steal syndrome with arteriovenous fistula for  
hemodialysis  
Ann. intern. Med. 75 ; 387 (1971)
- 23      Chinitz, J., T.Y., R.B., C.S.  
Selfsealing prosthesis for arteriovenous fistula in man  
Amer. Soc. Artif. Int. Organs 18 ; 452 (1972)
- 24      Cohn, H.  
Arteriovenous fistulas for chronic hemodialysis  
Surg. Clin. N. Amer. 53 ; 673 (1973)
- 25      Cole, J.J., T.L.P., J.S.M.  
Studies on the modified polypropylene dialyzer  
Trans. Amer. Soc. Artif. Int. Organs 9 ; 67 (1963)

- 26 Confortini, P. und Galvani, E.  
in : Aktuelle Probleme der Dialyseverfahren und der  
Niereninsuffizienz  
Verlag Bindernagel Friedberg 1971
- 27 Conn, J., J.R., J.J.B.  
Venous arteriolization for hemodialysis  
Amer. J.Surg. 116 ; 813 (1968)
- 28 Denecke, H., F.S., B.K., G.S.  
Erfahrungen mit selteneren Shuntformen zur Hämodialyse  
Münchener Medizinische Wochenschrift 117 ; 365 (1975)
- 29 De Pena Perez, R.  
Digito-palmares Stealsyndrom bei peripherer arterio-venöser  
Fistel  
Med. Welt 15 ; 601 (1971)
- 30 De Pena Perez, R.  
Periphere subcutane AV-Fisteln  
Med. Welt 16 ; 660 (1971)
- 31 Dittrich, P.  
A.-V.-Fisteln bei Kindern  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2  
herausgegeben von P. Bünger und G. Schütterle
- 32 Dittrich, P.  
Diskussionsbemerkung  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2, S. 148  
herausgegeben von P. Bünger und G. Schütterle

- 33 Dutz, H.  
Selection systems of Patients  
Proc. E.D.T.A. 3 ; 146 (1966)
- 34 Dutz, W. und Müller, P.  
Subcutane arterio-venöse Fisteln und dreimal  
wöchentliche Hämodialyse  
Dtsch. Ges. wesen 27 ; 2218 (1972)
- 35 Edel, H.H.  
Zum Problem der Dialyseshunt: Gefäßersatz durch  
bovine Kollagenprothesen  
in : P. Walter und H. Schmitz  
Der heterologe Gefäßersatz  
Editio Cantor Aulendorf 1976
- 36 Enderlin, F. F.H., W.W.R., M.A.M.  
Periodische Hämodialyse mit Hilfe der arterialisierten  
Vena saphena  
Helv. Chir. Acta 3 ; 346 (1971)
- 37 Faris, T.D., A.C.A., W.J.S., D.A.O.  
Lower extremity shunts for hemodialysis  
J. Amer. med. Ass. 203 ; 106 (1968)
- 38 Flora, G., P.P., P.D.  
Gefäßchirurgische Eingriffe zur Durchführung der  
extracorporalen Hämodialyse  
Chir. Praxis 13 ; 219 (1969)

- 39 Freyberger, H.  
in : H.E. Franz Praxis der Dialysebehandlung  
Thieme Verlag Stuttgart 1973
- 40 Friedmann, E.A. u. Goodwin, N.J.  
Expectations for maintenance hemodialysis  
Trans. N.Y. Acad. Sci. 30 ; 1093 (1968)
- 41 Friedrich, H.E.  
Dialyse zur Therapie der chronischen Urämie.  
Behandlungsergebnisse von Patienten mit  
a.v.-Fisteln nach Cimino  
Dissertation Universität Freiburg 1974
- 42 Fritz, K.W.  
Hämodialyse  
Georg Thieme Verlag Stuttgart 1966
- 43 Frotscher, U., M.T., B.Z.  
Shuntprobleme bei Dialysepatienten  
Med. Klinik 67 ; 1695 (1972)
- 44 Gerlach, R. und Lymberopoulos, S.  
Vergleichende strömungstechnische Untersuchungen  
verschiedener Gefäßanastomosen und klinische Ergebnisse  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2  
herausgegeben von P. Bünger und G. Schütterle

- 45      Graudins, J.  
Chirurgische Probleme bei der intermittierenden Hämodialyse.  
Eine Variante des Brescia-Cimino-Shunts.  
Der Chirurg 9 ; 411 (1970)
- 46      Gurland, H.J., F.P.B., C.C., C.J., K.S., N.H.S., G.S., A.S., A.J.W.  
Combined report on regular Dialysis and renal  
Transplantation in Europe  
VI 1975
- 47      Haas, G.  
Versuche der Blutwaschung am Lebenden mit Hilfe  
der Hämodialyse  
Klin. Wschr. 4 ; 13 (1925)
- 48      Hampers, C.L. and Schupak, E.  
Long term hemodialysis  
Grune and Stratton 1967 London, New York
- 49      Hampl, H., U.S., M.K.  
Venentransplantation nach Shuntkomplikationen  
bei Dialysepatienten  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2  
herausgegeben von P. Bünger und G. Schütterle
- 50      Hanson, J.S., M.C., B.K., W.F.O.  
Access to circulation by permanent arteriovenous  
fistula in regular dialysis treatment  
Brit. Med. J. 4 ; 586 (1967)
- 51      Hashmonai, M.  
Arteriovenous fistulae for chronic intermittend hemodialysis:  
A modified surgial technique  
Brit. J. Surg. 59 ; 953 (1972)

- 52 Hauptmann, A.D.V., A.T.  
Der subcutane arterio-venöse Shunt  
Deutsche Medizinische Wochenschrift 13 ; 652 (1969)
- 53 Heene, D.L.  
Diskussionsbemerkung  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2  
herausgegeben von P. Bünger und G. Schütterle
- 54 Hegglin, J. G.H., K.Z., J.S.  
Planung der chirurgischen Vorbereitung von  
Hämodialysekandidaten  
Helvetica Chirurgica Acta 42 ; 135 (1975)
- 55 Hegstrom, R.M., J.S.M., J.P.P., J.M.B., B.H.S.  
Hemodialysis in treatment of chronic uremia  
Trans. Amer. Soc. Artif. Int. Organs 7 ; 136 (1961)
- 56 Hegstrom, R.M., J.S.M., J.P.P., J.M.B., B.H.S.  
Two years experience with periods of hemodialysis  
in treatment of chronic uremia  
Trans. Amer. Soc. Artif. Int. Organs 8 ; 266 (1962)
- 57 Hehrlein, F.W., S.A., G.G.  
Autogene Saphena-Transplantation für die chronische  
Hämodialyse  
Münchener Medizinische Wochenschrift 113 ; 887 (1971)

- 58      Hehrlein, F.W., D.H., J.M., G.S.  
Arterio-venöse Shuntoperationen zur chronischen  
Hämodialysebehandlung  
Med. Welt 20 ; 807 (1969)
- 59      Heidland, A., H.K., E.S., L.P., M.S.  
Klinische Erfahrungen mit der subcutanen arterio-venösen  
Fistel in der Hämodialysebehandlung  
Deutsche Medizinische Wochenschrift 10 ; 427 (1967)
- 60      Heinrich, P., H.J.T., R.T.  
Arterio-venöse Shunts und shuntfreie Hämodialyse über die  
subcutan fixierte arterialisierte Vena saphena magna  
Zentralbl. f. Chirurgie 96 ; 1665 (1971)
- 61      Heinze, V.  
Diskussionsbemerkung  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975  
herausgegeben von P. Bünger und G. Schütterle
- 62      Hirschfeld, J.  
Neue arterio-venöse Fistel zur extracorporalen Dialyse  
unter Verwendung eines Rinder-Heterotransplantates  
Der Chirurg 47 ; 127 (1976)
- 63      Hoeltzenbein, J.  
Der femoralis-profunda-Shunt  
Deutsche Medizinische Wochenschrift 29 ; 1305 (1967)

- 64 Hollinger, A. und F. Largiader  
Operationstechnik bei der Anlage subcutaner arterio-  
venöser Fisteln zur Hämodialyse  
Chirurg 44 ; 274 (1973)
- 65 Hübner, R., K.J., K.B.  
Operationstechnik bei der Anlage subcutaner arterio-  
venöser Fisteln zur Hämodialyse  
Zentralblatt für Chirurgie 1 ; 22 (1969)
- 66 Izquierdo, G.  
Venous autograft for hemodialysis  
Nephron 8 ; 57 (1971)
- 67 Janisch, K., K.B., K.B., R.H., K.P., D.S.  
Die Vena-saphena-magna-Schlinge am Unterarm als arterio-  
venöse Fistel für die chronische Hämodialyse  
Dtsch. Ges. wesen 25 ; 1474 (1970)
- 68 Janisch, K., K.B., R.H.  
Erfahrungen mit der Vena-saphena-magna-Schlinge am  
Unterarm als arterio-venöse Fistel für die chronische  
Hämodialyse  
Zbl. Chir. 97 ; 865 (1972)
- 69 Janisch, K. und Geipel, D.  
Zur Anastomosentechnik bei der arterialisierten  
Vena-saphena-magna-Schlinge am Unterarm und am Ober-  
schenkel für die chronische Hämodialyse  
Zschr. Urol. 67 ; 853 (1974)

- 70      Jenkins, A.  
Gore-tex: A new prosthesis for vascular access  
British Medical Journal ; 280 (July 1976)
- 71      Johnson, J.M.  
Expanded Polytetrafluoroethylene - a new subcutaneous  
vascular conduit for hemodialysis  
Dialysis and Transplantation 5 ; 52 (1976)  
zitiert nach Nr. 94
- 72      Jontofsohn, R., V.H., H.S., H.B., V.D.  
Dialysetherapie der terminalen chronischen Niereninsuffizienz  
in: H. Sarre - Nierenkrankheiten  
Thieme Verlag Stuttgart 1973
- 73      Junginger, Th., F.S., H.P., H.J.G., W.K.  
Subcutane arterio-venöse Gefäßverbindungen zur Hämodialyse  
und extracorporalen Blutbestrahlung  
Deutsche Medizinische Wochenschrift 7 ; 226 (1972)
- 74      Kemkes, B.M. und Kreuzer, E.  
Erste Erfahrungen mit heterologem Gefäßersatz zur  
chronischen Hämodialyse  
aus: P. Walter und H. Schmitz - Der heterologe Gefäßersatz  
Editio Cantor Aulendorf 1976
- 75      Kemkes, B.M.  
Die chirurgische Behandlung von Komplikationen bei arterio-  
venösen Fisteln zur chronischen Hämodialyse  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2  
herausgegeben von P. Bünger und G. Schütterle

- 76      Kemkes, B.M.  
Diskussionsbemerkung  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2, S. 148 SE und S. 70  
herausgegeben von P. Binger und G. Schütterle
- 77      Kemkes, B.M.  
Das Sparks-Mandrill als arterio-venöse Fistel zur  
chronischen Hämodialyse  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2  
herausgegeben von P. Binger und G. Schütterle
- 78      Kessel, M.  
Diskussionsbemerkung  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2  
herausgegeben von P. Binger und G. Schütterle
- 79      Kessler, E., P.F., W.W.  
Erfahrungen mit dem Brescia-Cimino-Shunt bei  
100 Dialysepatienten  
Thoraxchirurgie 22 ; 655 (1974)
- 80      Klinkmann, H.  
Therapie der chronischen Niereninsuffizienz mit  
der Hämodialyse  
Zeitschrift für Urologie 9 ; 701 (1973)
- 81      Köhl, H.  
Diskussionsbemerkung  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2, S. 147  
herausgegeben von P. Binger und G. Schütterle

- 82 Köhl, H., F.J.R., D.D.  
Röntgen-Cinidensitometrische Flußmessungen bei  
arterio-venösen Fisteln  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2  
herausgegeben von P. Bünger und G. Schütterle
- 83 Koesterling, H., G.M., W.W., K.A.W., F.S.  
Thrombolyse zur Beseitigung thrombotischer Verschlüsse  
beim Cimino-Shunt bei Hämodialysepatienten  
Med. Klinik; 945 (1972)
- 84 Kolff, W.J. und Berk, H.T.J.  
Artificial kidney; dialyzer with great area  
Acta med.scand. 117 ; 121 (1944)
- 85 Kolff, W.J. und Watschinger, B.  
Further development of a coil kidney; disposable  
artificial kidney  
J. Lab. clin. Med. 47 ; 969 (1956)
- 86 Kramer, P.  
Diskussionsbemerkung  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2  
herausgegeben von P. Bünger und G. Schütterle
- 87 Krause, E., W.W., K.K., Z.V., F.O., H.S., F.T.  
Erfahrungen mit arterio-venösen Fisteln zur Hämodialyse  
Urologe A 12 ; 92 (1973)

- 88 Krupke, H.J.  
Gefäßchirurgische Operationen als Voraussetzung für  
die chronische Dialysebehandlung  
Chir. Praxis 18 ; 413 (1974)
- 89 Kuhn, W., H.M., H.H., B.Z.R.  
Künstliche Nieren mit Kapillarsystem für den  
Stoffaustausch  
Experienta 13 ; 469 (1957)
- 90 Kusche, P.  
Der Stellenwert der percutanen Thrombektomie in  
der Therapie von Fistelthrombosen  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2  
herausgegeben von P. Binger und G. Schütterle
- 91 Lewicki, E. und Koblicsek, B.  
Gefäßchirurgische Problematik der intermittierenden  
Hämodialyse  
Zeitschrift für ärztliche Fortbildung 67 ; 121 (1973)
- 92 Lewis, H.Y. and Retan, J.W.  
A new technique of bypass cannulation for  
intermittent hemodialysis  
Trans. Amer. Soc. Artif. Int. Organs 9 ; 63 (1964)
- 93 Lymberopoulos, S., A.S., H.B.  
Innere arterio-venöse Anastomosen für die  
chronische Hämodialyse  
Zeitschrift für Urologie 63 ; 364 (1970)

- 94 Lymberopoulos, S., A.S., H.B.  
in: Aktuelle Probleme der Dialyseverfahren und  
der Niereninsuffizienz  
Verlag Carl Bindernagel, Friedberg 1971
- 95 Lytton, B.  
Angiotensin and aldosterone in renovascular hypertension  
Arch. intern. Med. 125 ; 265 (1970)
- 96 May, J., D.T., J.J., J.S., A.G.R.S.  
Saphenous-vein arteriovenous fistula in regular  
dialysis treatment  
New. Engl. J.Med. 280 ; 770 (1969)
- 97 Meins, K.  
Die Gefäßanschlüsse  
in: H.E. Franz, Praxis der Dialysebehandlung  
Georg Thieme Verlag Stuttgart 1973
- 98 Möhring, K.  
Diskussionsbemerkung  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2  
herausgegeben von P. Bünger und G. Schütterle
- 99 Möhring, K.  
Die Probleme des arterio-venösen Shunts  
Vortrag Südwestdeutscher Urologen-Kongreß  
Heidelberg Juni 1969

- 100 Möhring, K.  
Neue Klebetechnik zur Schaffung von arterio-venösen Fisteln  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2  
herausgegeben von P. Bünger und G. Schütterle
- 101 Möhring, K., L.R., M.Z., H.W.S., F.B., K.D., H.W.A., M.S., H.P., J.V.W., N.  
Gefäßoperationen zur Hämodialyse  
Verh. Berichte d. Dtsch. Ges. f. Urologie ; 323 (1974)
- 102 Mohaideen, A.H.  
Polytetrafluoroethylene grafts for arteriovenous fistulae  
New York State Journal of Medicine ; 2152 (Dec. 1976)
- 103 Miller, V. und Reinschke, P.  
Die End-zu-Seit-Variante der arterio-venösen Fistel  
nach Brescia-Cimino mit gekerbter Venenvorderwand  
Dtsch. Gesundheitswesen 26,2 ; 917 (1971)
- 104 Müller-Wiefel, H.  
Der subcutane arterio-venöse Shunt zur chronischen  
Hämodialyse  
actuelle Chirurgie 7 ; 7 - 18 (1972)
- 105 Nakayama, K.  
A simple new apparatus for small vessel anastomosis  
(free autograft of the sigmoid included)  
Surgery 52 ; 918 (1962)
- 106 Nayman, J.  
An arteriovenous shunt for use in acute renal failure  
Trans. Amer. Soc. Artif. Int. Organs 10 ; 127 (1964)

- 107      Precht, K., K.J., K.B., H.-W.B., D.S.  
Die Verwendung der künstlichen inneren arterio-venösen  
Fistel für die chronische Hämodialyse.  
Dtsch. Ges. wesen 22 ; 1886 (1967)
- 108      Ramirez, O., C.S., G.O., L.M., A.N.B.  
The winged in line shunt  
Trans. Amer. Soc. Artif. Intern. Organs 12 ; 220 (1966)
- 109      Rumpf, P.  
Shuntverfahren zur Hämodialyse  
Vortrag auf dem gefächirurgischen Symposium der  
chirurgischen Universitätsklinik Düsseldorf November 1975
- 110      Scribner, B.H., R.B., J.E.Z.C., R.H., J.M.B.  
The treatment of chronic uremia by means of intermittend  
hemodialysis  
Trans. Amer. Soc. Artif. Int. Organs 6 ; 114 (1960)
- 111      Sege, P. und Amgwerd, R.  
Klinische Erfahrungen mit dem bovinene Heterograft  
aus: P. Walter und H. Schmitz  
Der heterologe Gefäßersatz  
Editio Cantor Aulendorf 1976
- 112      Sevitt, L., C.C., H.R., S.S.  
The single break teflon-silastic shunt  
Proc. E.D.T.A. 1 ; 271 (1964)

- 113 Seyfarth, G. und Hahn, V.  
380 subcutane Fisteln in 7 Jahren -  
Ergebnisse einer Nachuntersuchung  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2  
herausgegeben von P. Bünger und G. Schütterl
- 114 Shaldon, S.  
An independent specialist hemodialysis training  
and support unit  
Proc. E.D.T.A. 4 ; 24 (1967)
- 115 Sieberth, H.G., H.W.R., P.S.M.  
Zur Technik der Gefäßkanülierung bei der Behandlung der  
akuten und chronischen Niereninsuffizienz mit der  
extracorporalen Hämodialyse  
Medizinische Welt 23 ; 1428 (1967)
- 116 Sill, V., V.T., W.B.  
Beeinflussung der Hämodynamik durch arterio-venöse  
Fisteln bei Dialysepatienten  
Deutsche Medizinische Wochenschrift 94 ; 1604 (1969)
- 117 Skeggs, L.T. and Leonards, J.R.  
Studies of an artificial kidney.  
Preliminary results with a new type of continuous  
dialyzer  
Science 108 ; 212 (1948)
- 118 Sparks, C.H.  
Silicon mandril method for femoro-popliteal bypass  
Amer. J. Surg. 124 ; 244 (1972)

- 119 Spelsberg, F. und Kemkes, B.M.  
Atypische Lokalisationen externer Kunststoffshunts  
zur Hämodialyse  
Chirurg 3 ; 120 (1974)
- 120 Sperling, M., W.K., A.W., A.H., K.K.  
Die subcutane arterio-venöse Fistel zur intermittierenden  
Hämodialyse-Behandlung  
Deutsche Medizinische Wochenschrift 10 ; 425 (1967)
- 121 Steiner-Adams, J.  
Die internen arterio-venösen Shuntformen bei  
chronischer Hämodialyse  
Dissertation Universität Köln 1976
- 122 Stojan, L., W.S., M.B.  
Shuntkomplikationen bei der chronisch intermittierenden  
extracorporalen Hämodialyse  
Fortschr. Med. 89 ; 912 (1971)
- 123 Storey, B.G., C.R.P.G., J.H.S., D.J.T., J.M., A.G.R.S.  
Emboic and ischemic complications after anastomosis  
of radial artery to cephalic vein  
Surgery 66 ; 325 (1969)
- 124 Streuli, H.K. und Blumberg, A.  
Gefäßchirurgische Maßnahmen zur Durchführung  
der Langzeithämodialyse  
Helv. Chir. Acta 3 ; 352 (1971)

- 125 Thalheimer, W.  
Experimental exchange transfusion for reducing acotemia.  
Use of artificial kidney for this purpose.  
Proc. Soc. exp. biol. (N.Y.) 37 ; 641 (1938)
- 126 Thelen, M., U.F., H.F., W.K.  
Angiographische Darstellung von arterio-venösen Shunts bei  
Dialysepatienten  
Fortschr. Röntgenstr. 117 ; 438 (1972)
- 127 Thiel, B.  
Indikationen und Probleme der Auswahl zur Behandlung  
mit Langzeitdialyse oder Nierentransplantation  
Bull. d. Schweiz. Akad. med. Wissenschaften 26 ; 33 (1970)
- 128 Thomas, G.J.  
A large vessel applique arteriovenous shunt  
for hemodialysis  
Trans. Amer. Soc. Artif. Int. Organs 15 ; 288 (1969)
- 129 Thompson, B.  
Internal arteriovenous fistula for hemodialysis  
Amer. J. Surg. 124 ; 785 (1972)
- 130 Thomson, G.E., K.W., H.P.M., E.A.F.  
Hemodialysis for chronic renal failure  
Arch. intern. Med. 120 ; 153 (1967)

- 131 Tu, W.H.  
A community hemodialysis center for the treatment of chronic uremia  
Trans. Amer. Soc. Artif. Int. Organs 7 ; 136 (1961)
- 132 Uhlschmid, G.  
Die arterio-venöse Fistel als Zugang zum Gefäßsystem bei Niereninsuffizienz und anderen chronischen Erkrankungen  
Therap. Umschau 30 ; 854 (1973)
- 133 Vanderwerf, B.A. et al.  
Rindergefäßplastik arterio-venöser Fisteln  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2  
herausgegeben von P. Binger und G. Schütterle
- 134 Vanderwerf, B.A.  
Diskussionsbemerkung  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2  
herausgegeben von P. Binger und G. Schütterle
- 135 Vollmar, J.  
Rekonstruktive Chirurgie der Arterien  
Thieme Verlag Stuttgart 1967
- 136 Wack, H.O.  
Diskussionsbemerkung  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2  
herausgegeben von P. Binger und G. Schütterle

- 137 Walter, P. J.M., F.W.H.  
Klinische Erfahrungen mit einem bovinen Heterograft  
(A. carotis) als Gefäßersatz  
aus: P. Walter und H. Schmitz - Der heterologe Gefäßersatz  
Editio Cantor Aulendorf 1976
- 138 Westerveld, F.B.  
Diskussionsbemerkung  
Trans. Amer. Soc. Artif. Int. Organs 10 ; 139 (1964)
- 139 Zebe, H., E.R., M.Z., K.M., C.W.  
Hämodialyse mit der Oberarmfistel  
Deutsche Medizinische Wochenschrift 8 ; 395 (1973)
- 140 Zincke, H. und Ott, N.T.  
Rinderarterien als Fistelersatz in der Hämodialyse  
Dialyse-Ärzte-Workshop 1975 Band 2  
herausgegeben von P. Bünger und G. Schütterle

## Lebenslauf

Am 29.2.1944 wurde ich als Sohn des damaligen Reichsbankinspektors George Beltz und seiner Frau Else, geborene Röhrig als drittes Kind in Velbert, Kreis Mettmann, geboren. Die Volksschule besuchte ich in Essen von 1950 bis 1954, die Oberschule schloß ich 1964 mit dem Abitur ab. Bis 1966 leistete ich meine Dienstzeit bei der Bundeswehr ab. Von 1966 bis zum Staatsexamen 1973 studierte ich Medizin an der Universität Bonn. 1967 heiratete ich Helgard Plate. 1968 kam unsere Tochter Silke zur Welt. Von Juli 1974 bis Januar 1975 arbeitete ich als Medizinalassistent auf der Inneren Abteilung des Ev. Krankenhauses in Witten, von Februar 1976 bis August 1976 an der Chirurgischen Klinik des Marienhospitals Herne. Seit September 1976 befinde ich mich in der Ausbildung zum Facharzt für Innere Medizin am Ev. Krankenhaus Witten.

## E r k l ä r u n g

Hiermit erkläre ich, daß diese Arbeit von mir selbständig und ohne unerlaubte Hilfe durchgeführt, verfaßt und in dieser oder ähnlichen Form noch bei keiner anderen Abteilung oder entsprechenden Einrichtung einer Hochschule eingereicht worden ist.

## A b s t r a c t

BELTZ, NORBERT : 6 JAHRE ERFAHRUNGEN MIT INTERNEN ARTERIOVENÖSEN  
FISTELN BEI HÄMODIALYSEPATIENTEN AN DER  
CHIRURGISCHEN KLINIK DES MARIENHOSPITALS HERNE

Anhand von 110 Patienten werden die gefäßchirurgischen Maßnahmen an der Chirurgischen Klinik des Marienhospitals Herne zur Herstellung oder Erhaltung interner a-v-Shunts untersucht, vor allem in Bezug auf die Haltbarkeit und Komplikationsrate der verschiedenen Shunttypen über einen Beobachtungszeitraum von 1971 bis 1976. Eine Einführung in die Problematik der Shuntchirurgie wird vorangestellt.

In unserem Patientengut lag die durchschnittliche Laufzeit der Shunts für Frauen bei 9,2 Monaten, für Männer bei 13,9 Monaten. 22,7 % der Männer benötigten mehr als 1 Shunt, aber 33,4 % der Frauen. In der Altersgruppe über 45 Jahre lag die durchschnittliche Laufzeit der Shunts mit 10,2 Monaten deutlich unter der Gruppe unter 45 Jahren mit 15 Monaten.

85,5 % aller Shunts wurden am Unterarm angelegt, davon 48,2 % als End-zu-End-Shunts, 51,1 % als Seit-zu-End-Shunts und 1 Seit-zu-Seit-Shunt. Durchschnittlich hielten End-zu-End-Shunts 12,7 Monate, Seit-zu-End-Shunts 11,3 Monate bei einer maximalen Laufzeit von 62 bzw. 45 Monaten. Die Thrombo- serate bei den Seit-zu-End-Shunts war geringer als bei den End-zu-End-Shunts. Eine Häufung der thrombotischen Ereignisse fand sich im ersten postoperativen Monat und am ersten postoperativen Tag.

Die Shunts in der Ellenbeuge zwischen Arteria radialis und Vena cephalica erreichten eine durchschnittliche Laufzeit von 14,6 Monaten, die Verbindungen zwischen der Arteria brachialis und einer benachbarten Vene eine durchschnittliche Laufzeit von 11,9 Monaten. Die freien Venentransplantate hielten durchschnittlich 8,2 Monate, 1 Kollagen-Prothese am Unterarm 2 Monate bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes. Von den Unterschenkelshunts lief 1 65 Monate, der Durchschnitt lag bei 16,5 Monaten. 1 Oberschenkelshunt mußte wegen Infektion nach 10 Tagen verschlossen werden.

Die Thrombektomie mit dem Fogarty-Katheter erbrachte gute Ergebnisse. Von 28 Shunts konnten 17 erfolgreich revidiert werden - die durchschnittliche postoperative Laufzeit lag im Bereich der übrigen Laufzeiten.

Zur primären Shuntanlage wird an der Chirurgischen Klinik des Marienhospitals Herne der Seit-zu-End-Shunt am Unterarm bevorzugt. Bei Unmöglichkeit eines Shunts am Unterarm erfolgen Ellenbeugenshunts, danach alternativ Unterschenkelshunts oder freie Venentransplantate der Vena saphena, wobei diese durch Kollagen- oder PTFE-Prothesen ersetzt werden könnte.











